



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENENTUAN *ORDER QUANTITY* DAN *REORDER POINT*
UNTUK *SPAREPART* PADA PT.X DENGAN
MEMPERHITUNGKAN BIAYA *INVENTORY* MELALUI
METODE *NON-LINEAR PROGRAMMING***

DIAH KUSUMASTUTI

02411440000056

Dosen Pembimbing

Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

NIP : 197109271999031002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – TI 141501

**DETERMINE ORDER QUANTITY AND REORDER POINT
FOR SPAREPART IN PT.X WITH CONSIDERING
INVENTORY COST USING NON-LINEAR PROGRAMMING
METHOD**

DIAH KUSUMASTUTI

02411440000056

Supervisor

Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

NIP : 197109271999031002

DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN
PENENTUAN *ORDER QUANTITY* DAN *REORDER POINT*
UNTUK *SPAREPART* PADA PT.X DENGAN
MEMPERHITUNGKAN BIAYA *INVENTORY* MELALUI
METODE *NON-LINEAR PROGRAMMING*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

DIAH KUSUMASTUTI
NRP. 02411440000056

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

NIP.197109271999031002

SURABABAYA, JANUARI 2018

**PENENTUAN *ORDER QUANTITY* DAN *REORDER POINT* UNTUK
SPAREPART PADA PT.X DENGAN MEMPERHITUNGKAN BIAYA
INVENTORY MELALUI METODE *NON-LINEAR PROGRAMMING***

Nama Mahasiswa : Diah Kusumastuti

NRP : 02411440000056

Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Ketersediaan *spare part* pada suatu industri sangat penting agar perusahaan terhindar dari kerugian yang disebabkan oleh berhentinya operasi mesin karena ketidaktersediaan *spare part*. Pengendalian persediaan *spare part* pada PT.X masih menggunakan metode perhitungan *order quantity* yang sederhana dan tidak mempertimbangkan *shortage cost*, sehingga tidak ada antisipasi terhadap kemungkinan *failure spare part* yang tiba-tiba. Sehingga perlu adanya penentuan jumlah pesanan dan *order quantity* yang optimal agar dapat meminimasi total biaya persediaan yang terdiri dari biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya *shortage*. Pada penelitian ini memperhitungkan biaya persediaan yang terdiri dari *order cost*, *holding cost*, dan *shortage cost* untuk menentukan *order quantity* dan *reorder point* yang optimum dengan menggunakan permodelan optimasi menggunakan *Integer Non-Linear Programming*. *Output* model memberikan penghematan sebesar paling sedikit 96% dan maksimal 99% tergantung dari besarnya *time interval* yang akan digunakan oleh perusahaan.

Kata Kunci: *Integer Non-Linear Programming, Order Quantity, Reorder Point, Shortage, Spare Part*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**DETERMINE ORDER QUANTITY AND REORDER POINT FOR
SPAREPART IN PT.X WITH CONSIDERING INVENTORY COST USING
NON-LINEAR PROGRAMMING METHOD**

Student Name : Diah Kusumastuti
Student ID : 02411440000056
Supervisor : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

The availability of *spare part* in industry is very important, in order to avoid loss caused by the termination of engine operation due to spare part stockout. Currently, spare part procurement in PT.X still using simple calculation that not consider shortage cost, so there is no anticipation concerning spare part failure that can happen suddenly. Due to those things, PT. X need to determine an optimum order quantity and reorder point in order to minimize inventory total cost that consist of ordering cost, holding cost and shortage cost. In this study considering inventory cost that consist of order cost, holding cost and shortage cost to determine an optimum order quantity and reorder point by using optimisation modelling with Integer Non-Linear Programming. Output model provides cost savings at least 88% and maximum 96% depend on size of time interval that company choose.

Keywords: Integer Non-Linear Programming, Order Quantity, Reorder Point, Shortage, Spare Part

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan taufik-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan *Order Quantity* dan *Reorder Point* pada PT.X dengan Memperhitungkan Biaya *Inventory* melalui Metode *Non-Linear Programming*” sebagai persyaratan untuk menyelesaikan sudi strata satu (S-1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Selesainya Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Iwan Vanany S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah senantiasa mendampingi, memberikan ide-ide, kritik, saran, dan meluangkan waktunya kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tamam, Bapak Budi, Mas Rendra, Mas Henry selaku pembimbing penulis di PT.X yang telah banyak meluangkan waktu untuk berdiskusi, membantu dan memberikan saran kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
3. Ibu Niniet Indah Arvitrida, Ph.D, Bapak Doddy Hartanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji penulis pada saat pelaksanaan seminar proposal Tugas Akhir dan pada saat pelaksanaan sidang Tugas Akhir yang telah memberi masukan atas penelitian penulis.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E selaku kepala Departemen Teknik Industri ITS yang telah memberikan waktu, arahan, informasi dan motivasi kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, motivasi, bantuan, dan dukungan yang tidak terhingga dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi para pembacanya, Laporan Tugas Akhir ini masi jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis butuhkan untuk perbaikan ke depannya.

Suarabaya, Januari 2018

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Teori dan Fungsi Persediaan	7
2.2 <i>Spare Part Management</i>	8
2.3 Dasar-Dasar Kontrol <i>Spare part</i>	9
2.4 Biaya-Biaya dalam Sistem Persediaan	10
2.5 Karakteristik Permintaan <i>Spare Part</i> dan Klasifikasi	11
2.6 <i>Economic Order Quantity (EOQ) – Single Items</i>	13
2.7 Mekanisme Pengendalian Persediaan Probabilistik	13
2.8 <i>Reorder Point</i>	16

2.9	Teori Optimasi	17
2.10	Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	19
2.10	Jenis Kegiatan Pemeliharaan	19
2.12	Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Tahap Identifikasi Sistem	24
3.2	Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan	24
3.3	Tahap Pengumpulan Data	24
3.4	Tahap Pengolahan Data	24
3.5	Analisa dan Interpretasi	27
3.6	Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV		29
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		29
4.1	Pengumpulan Data	29
4.1.1	Data <i>Maintenance</i>	29
4.1.2	Data Harga dan <i>Lead Time</i> Material	30
4.1.3	Data Biaya <i>Inventory</i>	30
4.2	Pengolahan Data	31
4.2.1	Pengelompokan <i>Spare Part</i>	31
4.2.2	Perhitungan Biaya Persediaan	34
4.2.3	<i>Fitting</i> Distribusi <i>Spare Part</i>	39
4.2.4	Model Optimasi <i>Spare Part Inventory</i>	40
4.2.5	Verifikasi dan Validasi Model Matematis	41
BAB V		43
ANALISA DAN INTERPRETASI		43

5.1	Analisa Model Optimasi.....	43
5.2	Hasil Optimasi.....	43
5.3	Hasil <i>Total Cost</i> Keseluruhan Model Optimasi dan Eksisting.....	46
5.4	Analisa Hasil <i>Total Cost</i>	48
5.5	Analisa <i>Order Quantity</i>	49
5.6	Analisa <i>Shortage Cost</i>	50
5.7	Analisa <i>Order Quantity</i> dan <i>Reorder Point</i>	51
5.8	Analisa Sensitivitas Model Optimasi.....	53
5.9	Analisa Kelebihan dan Kekurangan Model Optimasi.....	55
BAB VI.....		57
KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN A.....		61
BIOGRAFI PENULIS.....		67

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh konsumsi <i>spare part</i> yang <i>intermittent</i>	11
Gambar 2. 2 Pola dasar untuk karakteristik permintaan <i>spare part</i>	12
Gambar 2. 3 <i>Economic Order Quantity</i>	13
Gambar 2. 4 Penggambaran <i>reorder point</i>	17
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian.....	23
Gambar 4. 1 Hasil Klasifikasi ADI-CV <i>Spare Part</i>	34
Gambar 4. 2 Hasil Validasi pada <i>Software Optimasi</i>	42
Gambar 5. 1 <i>Total Cost</i> Hasil Optimasi <i>Spare Part Suction Strainer</i>	45
Gambar 5. 2 Perbandingan <i>Total Cost</i> Optimasi dengan Eksisting.....	46
Gambar 5. 3 <i>Total Cost</i> PVC Valve Hasil Optimasi... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 5. 4 Perbandingan <i>Total Cost</i> Hasil Optimasi dengan Kondisi Eksisting Error! Bookmark not defined.	
Gambar 5. 5 <i>Total Cost</i> Hasil Optimasi <i>Spare Part Pulley Motor</i> .. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 5. 6 Perbandingan <i>Total Cost</i> Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi	46
Gambar 5. 7 Perbandingan <i>Total Cost</i> Optimasi dengan Eksisting	49
Gambar 5. 8 Sistem Pemesanan pada <i>Spare Part Hydraulic Oil Filter 6OC16</i>	53

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu.....	21
Tabel 4. 1 Data <i>Maintenance Spare Part</i>	29
Tabel 4. 2 Harga dan <i>Lead Time Spare Part</i>	30
Tabel 4. 3 Perhitungan Depresiasi untuk Aset pada Gudang.....	30
Tabel 4. 4 Perhitungan Total Gaji Karyawan Gudang.....	31
Tabel 4. 5 Tabel Pola Permintaan <i>Spare Part</i>	31
Tabel 4. 6 Penilaian berdasarkan kriteria harga <i>spare part</i>	32
Tabel 4. 7 Penilaian berdasarkan kriteria dampak terhadap produksi	32
Tabel 4. 8 Penilaian berdasarkan kriteria <i>maintainability</i>	32
Tabel 4. 9 Bobot untuk masing-masing kriteria penilaian	32
Tabel 4. 10 Perhitungan <i>criticality</i> untuk tiap <i>spare part</i>	33
Tabel 4. 11 Tingkat kritikal <i>spare part</i> berdasarkan total nilai.....	33
Tabel 4. 12 Klasifikasi <i>Spare Part</i>	34
Tabel 4. 13 Rekapitulasi <i>Reorder cost</i>	35
Tabel 4. 14 Depresiasi dan Gaji Karyawan Gudang.....	36
Tabel 4. 15 <i>Shortage Cost</i>	38
Tabel 4. 16 <i>Reorder cost, Holding cost, Shortage cost Spare Part</i>	38
Tabel 4. 17 Pola Distribusi <i>Spare Part</i>	39
Tabel 4. 18 Data Validasi.....	41
Tabel 4. 19 Data Validasi Optimum	42
Tabel 5. 1 Hasil Optimasi Pemesanan <i>Suction Strainer</i>	43
Tabel 5. 2 Hasil Optimasi PVC Valve	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 3 Hasil Optimasi <i>Spare Part Pulley Motor</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 4 <i>Total Cost</i> Hasil Optimasi.....	47
Tabel 5. 5 <i>Total Cost</i> Eksisting.....	47
Tabel 5. 6 Perbandingan <i>Total Cost</i> Optimasi dengan Eksisting.....	48
Tabel 5. 7 Analisa <i>Cost Saving</i>	49
Tabel 5. 8 Analisa <i>Shortage Cost</i>	50

Tabel 5. 9 Hasil Optimasi <i>Spare Part Hydraulic Oil Filter</i> 6OC16.....	51
Tabel 5. 10 Data Awal.....	53
Tabel 5. 11 Uji Sensitivitas.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini, akan dijelaskan latar belakang penelitian tugas akhir. Setelah itu akan dijabarkan mengenai permasalahan dari penelitian yang akan dihadapi, tujuan, manfaat dan ruang lingkup penelitian dalam hal batasan dan asumsi yang akan digunakan.

1.1. Latar Belakang

Inventory atau persediaan merupakan aset yang sangat penting, baik dilihat dari jumlahnya maupun kegiatan perusahaan. Dalam pengelolaan persediaan barang, jika pengendaliannya kurang baik maka akan menimbulkan kondisi yang menyebabkan peningkatan biaya dalam organisasi perusahaan. Terdapat dua faktor yang dijadikan pertimbangan dalam menentukan tingkat ketersediaan, yaitu prosentase kebutuhan produk yang langsung bisa dipenuhi (*service level*) dan biaya-biaya persediaan yang timbul, padahal kedua faktor tersebut dapat dikatakan saling berlawanan. *Service level* mempunyai pengertian tingkat pemenuhan atas permintaan produk, dimana semakin tinggi tingkat pemenuhan berarti semakin tinggi *service level* yang dicapai oleh perusahaan. Pada umumnya untuk mendapatkan *service level* yang tinggi, dibutuhkan tingkat persediaan yang tinggi pula. Sedangkan biaya persediaan merupakan keseluruhan biaya yang harus dikeluarkan untuk melaksanakan kebijakan persediaan tersebut, yang mencakup biaya-biaya seperti *order cost*, *holding cost*, dan *shortage cost*.

Untuk mendukung proses berjalannya kegiatan produksi, peralatan yang digunakan harus dalam keadaan yang baik untuk dapat berfungsi dengan baik dalam menghasilkan produk. Salah satu cara untuk menjaga agar mesin/peralatan bisa dalam kondisi yang baik adalah dengan melakukan kegiatan *maintenance*. Perawatan dan pergantian *spare part* pada mesin merupakan salah satu kegiatan *maintenance*. Dalam melakukan perawatan, diperlukan adanya *spare part*, yaitu komponen pendukung dari mesin itu sendiri. Setiap kali mesin mengalami kerusakan/*failure* maka ketersediaan *spare part* adalah hal yang utama. Hal ini dikarenakan ketidaktersediaan *spare part*, terutama yang kritis, dapat mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi dan perusahaan tidak dapat melakukan proses produksi sehingga proses pengadaan *spare part*

memerlukan perlakuan khusus agar perusahaan terhindar dari kerugian yang disebabkan oleh terjadinya *stockout* dari *spare part* ini.

Spare part atau material merupakan bagian pokok yang perlu diperhitungkan dalam pengaruhnya terhadap biaya perawatan (Daryus, 2009). Biaya material dan *spare part* untuk perawatan biasanya berkisar antara 40 sampai 50 persen dari total investasi, termasuk adanya kerugian-kerugian karena kerusakan. Dengan demikian, rata-rata perusahaan mengeluarkan sekitar 15 sampai dengan 25 persen dari total biaya perawatan untuk *spare part* dan material. Oleh karena itu, pemakaian material atau *spare part* direalisasikan sehemat mungkin dan perlu pengontrolan dalam pengelolaannya.

Spare part dan *indirect inventory* mempunyai karakter yang berbeda dengan jenis *inventory* yang lainnya seperti bahan mentah (*raw material*), barang jadi (*finished goods*) yang pada umumnya memiliki pola permintaan yang mudah diprediksi. Untuk *spare part*, *demand* nya lebih sulit untuk di prediksi daripada tipe *inventory* yang lainnya. Pada tipe *inventory* yang lain, deviasi *demand* hanya sebanyak 10-20% dan bisa mengakibatkan masalah bagi *supply chain* perusahaan. Sedangkan untuk *spare part*, deviasi *demand* bisa mencapai 100%. Jumlah SKU (*stock keeping unit*) yang relatif besar. Jumlah SKU yang besar ini diakibatkan karena beda ukuran untuk barang yang sama, hal ini dapat mengakibatkan perbedaan SKU. Contohnya jika 2 baut beda ukuran berarti harus ada 2 SKU. Nilai dan volume SKU yang bervariasi dapat mempengaruhi kegiatan *order*, *handling*, terima, dan sebagainya. Selain itu, *stockout cost* yang sangat tinggi. *Stockout* suatu *finished goods* dapat mengakibatkan *lost sales* untuk jenis *finished goods* tersebut saja. Sedangkan jika *stockout* untuk suatu *spare part*, dapat mengakibatkan puluhan ribu *lost production* untuk barang yang diproduksi menggunakan mesin/fasilitas yang mengalami kekurangan *spare part*. Sehingga, jika menggunakan metode EOQ sederhana tidak dapat memenuhi pola permintaan *spare part*.

PT.X merupakan salah satu sumber pembangkit tenaga listrik untuk Provinsi X. Sebelum kehadiran PT.X, Provinsi X masih mengandalkan PLTD yang bahan bakunya minyak dimana harganya relatif mahal. Oleh karena itu, perawatan mesin sangat penting guna mesin tetap beroperasi agar pasokan listrik bagi Provinsi X tetap tersedia. Dalam melakukan perawatan diperlukan adanya *spare part* dimana *spare part* merupakan komponen pendukung dari mesin yang ada. Setiap kali mesin tersebut mengalami kerusakan, maka ketersediaan *spare part* menjadi hal yang penting. Ketersediaan *spare*

part sangat berpengaruh untuk kelangsungan *maintenance* mesin sehingga tidak mengalami penundaan dalam *maintenance*.

Selama ini, dalam melakukan perencanaan dan pengendalian *spare part*, PT.X masih menggunakan sistem manual dalam penentuan *order quantity* nya, dan tidak mempertimbangkan *shortage cost* atau adanya ketidaksesuaian metode. Hal ini dapat mengakibatkan permintaan actual dengan permintaan yang di prediksi mempunyai perbedaan yang sangat besar. Sehingga diperlukan kebijakan pengendalian persediaan *spare part* yaitu jumlah *order quantity* dan *reorder point* yang optimum dengan mempertimbangkan biaya persediaan untuk menghasilkan biaya persediaan yang paling minimum.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian tugas akhir ini adalah penentuan *order quantity* dan *reorder point* untuk *spare part* pada PT.X yang mempunyai pola permintaan *lumpy* yang optimum dengan mempertimbangkan biaya *inventory*, dan dapat memberikan saran perbaikan terhadap penurunan biaya total persediaan di perusahaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *order quantity* dan *reorder point* yang optimal dengan tujuan meminimumkan biaya *inventory*.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan manajemen *inventory* khususnya mengenai *order quantity* dan *reorder point* serta rekomendasi *time interval*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah memberikan masukan pada perusahaan untuk menentukan strategi pengolahan persediaan *spare part*, sehingga pemenuhan *spare part* dapat dilakukan secara optimal.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dimaksud adalah batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian ini dilakukan. Beberapa batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Spare part* yang diamati adalah *spare part* pada *loader* dan *excavator* sebanyak 20 *spare part*.
2. Data yang digunakan adalah data penggunaan *spare part* dalam kurun waktu 32 bulan terakhir, dimulai dari April 2015 hingga November 2017.
3. Tidak ada ketentuan minimal pembelian dan kapasitas kirim dari *supplier*.

Sedangkan untuk asumsi yang digunakan adalah :

1. *Lead time* pengiriman diasumsikan konstan.
2. Tidak terdapat perubahan data di dalam penelitian.
3. Kapasitas gudang tidak terbatas.
4. Pengiriman tidak terbatas.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab di mana setiap bab memiliki keterkaitan dengan bab selanjutnya. Sistematika penulisan yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang melakukan penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dibahas mengenai teori yang menunjang penelitian. Tinjauan pustaka yang dibahas antara lain tentang dasar-dasar persediaan, *spare part management*, biaya-biaya persediaan, klasifikasi persediaan, EOQ, *reorder point*, mekanisme pengendalian persediaan, *maintenance* dan penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

Bab III. Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam melakukan penelitian. Metodologi penelitian ini berguna sebagai acuan dalam

melakukan penelitian sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis dan sesuai dengan tujuan.

Bab IV. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini terdiri dari pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder yang diperoleh dari perusahaan yang kemudian disusun secara sistematis. Selain itu menjelaskan mengenai pengolahan data yang dilakukan dengan metode-metode yang telah ditetapkan sebelumnya dan kemudian menyajikan hasil pengolahan data tersebut.

Bab V. Analisa dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan mengenai analisa dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

Bab VI. Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi penarikan kesimpulan dari pengolahan data yang dilakukan dan pengusulan saran kepada perusahaan serta untuk kemajuan penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun dasar teori ini berfungsi sebagai pedoman secara teoritis dalam menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir ini.

2.1 Teori dan Fungsi Persediaan

Sistem pengelolaan material persediaan merupakan suatu set kebijakan dan kontrol yang memantau tingkat persediaan dan menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, berapa besar pesanan yang harus dibuat, dan kapan seharusnya stok ditambah kembali. Sedangkan berdasarkan konsep persediaan menurut (Rangkuti, 2004) mengatakan bahwa persediaan merupakan suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode usaha tertentu, atau persediaan barang-barang yang masih dalam pengerjaan atau proses produksi, ataupun persediaan bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi.

Tujuan utama dari persediaan adalah untuk melancarkan kegiatan produksi (Indrajit & Djokopranoto, 2003). Persediaan ada karena sulitnya menyeimbangkan antara *supply* dan *demand* (Richard J. Tersine, 1994). Pentingnya persediaan dapat dilihat dari empat faktor, antara lain:

1. *Time Factor* (Faktor Waktu)

Permintaan akan suatu barang tidak akan dapat dipenuhi dengan segera bila barang tersebut tidak tersedia sebelumnya karena untuk mengadakan barang dibutuhkan waktu baik untuk pembuatannya atau untuk mendatangkannya. Oleh karena itu, persediaan sangat dibutuhkan.

2. *Discontinuity Factor* (Faktor Diskontinuitas)

Meliputi segala hal yang dapat menghambat pelaksanaan permintaan, mulai dari mengecerkan produk, pendistribusian, penggudangan, pembelian, dan lain-lain. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan persediaan.

3. *Uncertainty Factor* (Faktor Ketidakpastian)

Meliputi berbagai macam faktor yang “tidak tampak” yang dapat mengganggu perencanaan perusahaan. Faktor tersebut meliputi kesalahan dalam memperkirakan

permintaan, keterlambatan pengiriman, dan lain-lain. Jika perusahaan memiliki persediaan, maka perusahaan dapat mengantisipasi hal ini.

4. *Economy Factor* (Faktor Ekonomi)

Faktor ekonomi seperti kenaikan harga akan mempengaruhi perusahaan untuk menyediakan persediaan dalam jumlah yang lebih besar guna mendapatkan keuntungan dari kondisi tersebut.

2.2 *Spare Part Management*

Spare part adalah bagian dari suatu sistem yang memiliki fungsi dan karakteristik tertentu yang mempengaruhi suatu performansi dari sistem yang ditempati, jika disimpulkan *spare part* merupakan komponen pendukung dari suatu mesin. Menurut bisa tidaknya diperbaiki, *spare part* dibedakan menjadi 3, antara lain :

2.1 *Non repairable item*

Adalah suatu item yang tidak dapat diperbaiki setelah mengalami satu kali kerusakan item/*part*.

2.2 *Partially repairable item*

Dalam suatu item terdapat *part* yang diperbaiki atau harus diganti apabila terjadi kerusakan untuk mengembalikan ke performansi semula.

2.3 *Fully repairable item*

Ketika suatu item mengalami kerusakan maka item tersebut dapat diperbaiki sampai kriteria tertentu.

Pengendalian persediaan *spare part* merupakan tugas manajemen logistik dalam suatu perusahaan untuk memberi dukungan dalam hal pengadaan barang bagi seluruh keperluan pemeliharaan peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Pengendalian *spare part* sangat penting dalam hal-hal seperti penentuan keputusan suatu barang diperlukan, termasuk perlu atau tidaknya melakukan penyimpanan, kepada siapa pembelian dilakukan, kapan dilakukan pemesanan, apa dan berapa yang dipesan, tingkat dan jaminan mutu *spare part* yang diperlukan, anggaran *spare part*, dan sebagainya.

Spare part atau material merupakan bagian pokok yang perlu diperhitungkan dalam pengaruhnya terhadap biaya perawatan (Daryus, 2009). Biaya material dan *spare part* untuk perawatan biasanya berkisar antara 40 sampai 50 persen dari total investasi, termasuk adanya kerugian-kerugian karena kerusakan. Dengan demikian, rata-rata

perusahaan mengeluarkan sekitar 15 sampai dengan 25 persen dari total biaya perawatan untuk *spare part* dan material. Oleh karena itu, pemakaian material atau *spare part* direalisasikan sehemat mungkin dan perlu pengontrolan dalam pengelolaannya.

Spare part mengacu kepada kebutuhan akan komponen untuk menjaga peralatan dalam kondisi optimal dengan mempertemukan perbaikan dan kebutuhan penggantian komponen yang dipaksa oleh adanya *breakdown*, *preventive*, dan *predictive maintenance*. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan *spare part* adalah tidak terlalu lebih dan tidak terlalu kurang dari kebutuhan. Perusahaan harus mengetahui kebutuhan maksimum dan minimum persediaan *spare part* dan harus ditentukan secermat mungkin. Batas maksimum dan minimum dapat ditentukan berdasarkan pengalaman dan kebutuhan.

2.3 Dasar-Dasar Kontrol *Spare part*

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan *spare part* adalah bahwa penyimpanan stok tidak terlalu kurang dari kebutuhan. Jumlah maksimum dan jumlah minimum penyimpanan *spare part* harus ditentukan secermat mungkin agar biaya yang dikeluarkan tidak terlalu banyak. Batas-batas tersebut dapat dilihat berdasarkan pengalaman dan kebutuhan nyata.

Faktor-faktor penting yang mendasari pengontrolan *spare part*, yaitu :

1. Persediaan/stok maksimum.

Menunjukkan batas tertinggi penyimpanan *spare part* dengan jumlah yang menguntungkan secara ekonomi.

2. Persediaan/stok minimum.

Menunjukkan batas terendah penyimpanan *spare part* dengan batas yang aman untuk mengatasi kebutuhan *spare part* diatas batas normal.

3. Standar pemesanan.

Menunjukkan jumlah barang atau *spare part* yang dibeli pada tiap pemesanan.

4. Batas pemesanan kembali.

Menunjukkan jumlah barang yang dapat dipakai selama waktu pengadaannya kembali (sampai batas stok minimum).

2.4 Biaya-Biaya dalam Sistem Persediaan

Biaya persediaan akan muncul akibat adanya pengoperasian sistem persediaan dan akibat dari tindakan atau tidak adanya tindakan dari pihak manajemen dalam membangun sistem persediaan (Tersine, 1994). Biaya persediaan terdiri dari 4 jenis, yaitu:

1. Biaya Pembelian (*Purchasing Cost*)

Biaya pembelian suatu item adalah harga pembelian per unit bila item tersebut diperoleh dari sumber eksternal atau biaya produksi per unit bila item tersebut diproduksi secara internal.

2. Biaya Pengadaan (*Procurement Cost*)

Biaya pengadaan dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*), yaitu semua biaya yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar.
- b. Biaya Pembuatan (*Setup Cost*), yaitu semua biaya yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang.

3. *Holding Cost* (*Holding Cost*)

Holding Cost adalah semua biaya yang timbul akibat menyimpan barang, yang meliputi biaya persediaan, biaya usang, biaya kerusakan dan penyusutan barang, biaya kadaluarsa, biaya asuransi dan biaya administrasi dan pemindahan.

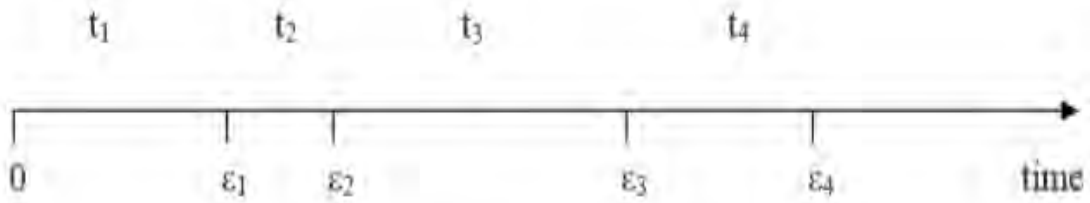
4. Biaya Kekurangan (*Shortage Cost*)

Biaya kekurangan adalah biaya atas kerugian karena terganggunya proses produksi dan kehilangan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan akibat habisnya persediaan. Biaya ini dapat diukur dengan:

- a. Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi, diukur dari keuntungan yang hilang karena tidak dapat memenuhi permintaan atau kerugian akibat terhentinya proses produksi.
- b. Waktu pemenuhan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk memenuhi gudang dengan satuan waktu.
- c. Biaya pengadaan darurat, yaitu biaya yang ditimbulkan akibat dilakukannya pengadaan darurat yang biasanya menimbulkan biaya yang lebih besar dari pengadaan normal.

2.5 Karakteristik Permintaan *Spare Part* dan Klasifikasi

Tipe-tipe permintaan *spare part* sangatlah khusus jika dibandingkan dengan tipe permintaan pada jenis persediaan yang lainnya. Dalam kasus-kasus yang sering terjadi dalam kurun waktu yang tidak teratur dan cenderung menurun dan dari semua itu jumlah permintaan menjadi sangat bervariasi.



Gambar 2. 1 Contoh konsumsi *spare part* yang intermittent
(Callegaro, 2010)

Keterangan

ϵ_i = konsumsi *spare part* (unit)

t_i = interval antara dua permintaan yang berurutan

Dari karakteristik permintaan *spare part*, terdapat dua parameter yang dapat diketahui, yaitu:

1. ADI (*Average Inter-Demand Interval*)

Merupakan interval rata-rata antara dua permintaan *spare part*. Hal ini biasanya ditampilkan dalam periode, dimana periode tersebut adalah interval waktu referensi yang digunakan oleh perusahaan untuk membeli *spare part*.

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (2.1)$$

2. CV (*Coefficient of Variation*)

Berfungsi untuk mengukur standar deviasi dari permintaan *non-zero* sebagai proporsi dari periode rata-rata permintaan *non-zero*.

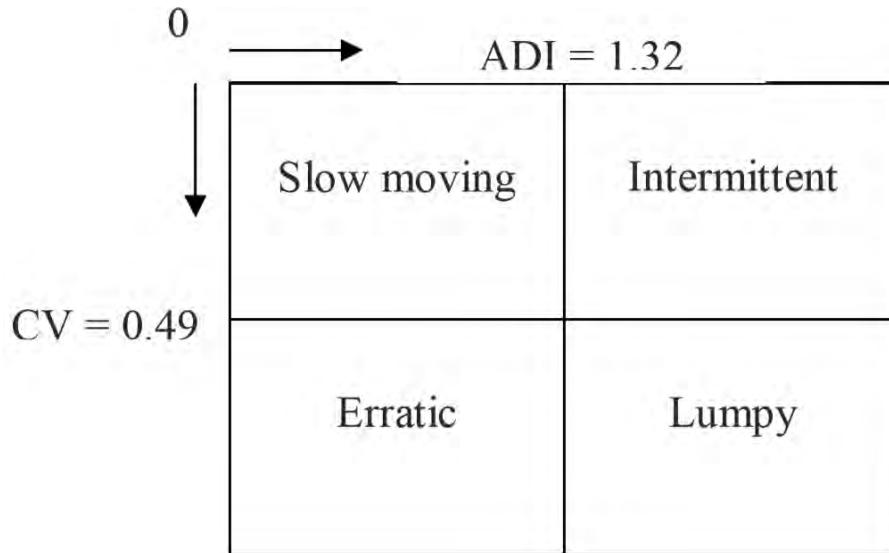
$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\epsilon_i - \bar{\epsilon})^2}{N}}}{\bar{\epsilon}} \quad (2.2)$$

Dimana,

$$\bar{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^N \epsilon_i}{N} \quad (2.3)$$

Untuk ADI, N merupakan jumlah periode permintaan *non-zero*, sedangkan untuk CV, N merupakan jumlah periode.

(Ghobbar et al., 2003) di dalam (Callegaro, 2010), menyarankan suatu “*cut values*” yang menjelaskan lebih detail mengenai karakteristik standar permintaan *spare part* yang *intermittent*. Gambar di bawah ini menampilkan empat kategori pola permintaan *spare part*.



Gambar 2. 2 Pola dasar untuk karakteristik permintaan *spare part* (Callegaro, 2010)

Sedangkan definisi untuk setiap pola permintaan *spare part* diatas adalah sebagai berikut:

1. *Slow moving/Smooth*

Spare Part jenis ini memiliki perilaku dengan notasi penggunaan yang rendah dalam sistem produksi.

2. *Intermittent*

Spare Part jenis ini dikarakteristikan dengan permintaan yang sangat jarang (oleh karena banyak periode tanpa permintaan) dengan tidak menekankan pada variabilitas dalam kuantitas permintaan tunggal.

3. *Erratic*

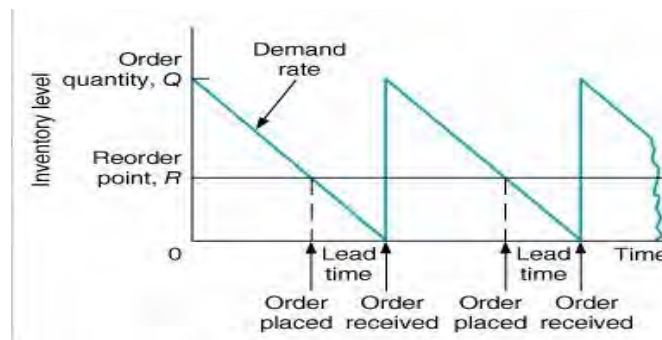
Karakteristik dasar dari *spare part* jenis ini adalah adanya kuantitas permintaan yang sangat besar, tetapi permintaan mendekati konstan sebagai distribusi waktu.

4. *Lumpy*

Karakteristik dasar dari *spare part* jenis ini adalah *spare part* pada kategori ini sulit dikontrol, karena dikarakteristikan dengan banyaknya interval waktu dengan *zero-demand* dan kuantitas yang memiliki variabilitas sangat tinggi.

2.6 Economic Order Quantity (EOQ) – Single Items

Menurut (Waters, 1992), ukuran pemesanan yang mampu meminimasi total biaya persediaan diketahui sebagai *economic order quantity* (EOQ). Model persediaan klasik mengasumsikan situasi ideal pada gambar dibawah, dimana Q merupakan ukuran pemesanan. Pada saat barang datang, tingkat persediaan menjadi Q unit. Persediaan diambil dengan tingkat permintaan konstan. Titik B merupakan *reorder point* (ROP). Barang diterima tepat saat tingkat *inventory* menjadi 0.



Gambar 2. 3 Economic Order Quantity

Jika biaya *stock out* tidak diperhitungkan, biaya persediaan dapat ditemukan dengan formula:

$$TC(Q) = \frac{D}{Q} C_0 + \frac{Q}{2} h$$

Dimana,

D = Tingkat permintaan pertahun (unit)

Q = Lot size / jumlah pemesanan (unit)

C_0 = Biaya tiap kali pemesanan

h = *Holding Cost* tiap unit tiap tahun

2.7 Mekanisme Pengendalian Persediaan Probabilistik

Model persediaan probabilistik adalah model yang menganggap bahwasanya parameter-parameter yang dimiliki menunjukkan adanya ketidakpastian dan merupakan variabel *random*. Dalam sistem persediaan, ketidakpastian ini terutama yang berhubungan dengan jumlah permintaan (*demand quantity*) dan waktu penerimaan (*lead time*). Ketidakpastian permintaan dan waktu pengiriman dapat mengakibatkan kekurangan persediaan (*stocks out*). Hal ini akan berdampak tidak terpenuhinya kepuasan

pelanggan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dibuat kebijakan untuk mengadakan *safety stocks*. (Silver,1998)

Dalam mengukur tingkat ketersediaan bahan baku didasarkan dari tingkat *customer service level*. Menurut (Tersine,1994), *customer service level* adalah kemampuan untuk memenuhi permintaan konsumen dari persediaan yang ada. Nilai *customer service level* ini akan berpengaruh pada *safety stock* yang diharapkan, sehingga dapat meminimalisasi kekurangan persediaan. Kekurangan persediaan terjadi apabila permintaan selama *lead time* melebihi *reorder point*.

2.7.1 Sistem Persediaan *Continous Review*

Dalam sistem persediaan *continous review* selalu dilakukan monitoring dan pemantauan tingkat *inventory* secara terus menerus. Ketika suatu persediaan mencapai titik reorder level atau dibawahnya maka akan dilakukan order. Tujuan dari sistem ini adalah menentukan nilai optimum kuantitas pemesanan (Q) dan kuantitas ROP. Kelebihan dari sistem ini yaitu kecil kemungkinan adanya kekurangan stok maupun kelebihan stok karena posisi stok selalu ditinjau setiap saat. Namun, peninjauan terus-menerus dapat menyebabkan beban kerja karyawan lebih besar dan beban kerja kurang dapat diprediksi. Selain itu, kelemahan lain dari sistem ini yaitu besarnya biaya peninjauan dan *review error*. Berikut merupakan jenis perencanaan persediaan dari *continuous review system*.

2.7.1.1 *Order Point, Order Quantity (s, Q) System*

Kuantitas tetap sebanyak Q dipesan ketika posisi persediaan mencapai *reorder point* s atau dibawahnya. Sistem (s,Q) sering disebut sebagai *two-bin system*, salah satu penerapan bentuk fisiknya yaitu dengan dua tempat penyimpanan barang. Selama unit persediaan masih tersisa di *bin* pertama maka permintaan akan dipenuhi dari *bin* tersebut. Jumlah persediaan yang terdapat pada *bin* kedua sesuai dengan *reoder point*. Ketika *bin* kedua terbuka maka harus dilakukan *replenishment*. Dengan cara melakukan pemesanan. Saat *replenishment* datang maka *bin* kedua akan terpenuhi kembali dan sisanya akan disimpan pada *bin* pertama. Perlu diingat bahwa *two bin system* akan beroperasi dengan baik jika pemesanan untuk *replenishment* tidak lebih dari satu pada setiap

titik waktu. Sehingga, perlu menambahkan Q yang lebih besar dari rata-rata permintaan selama *lead time*.

Kelebihan dari sistem (s,Q) adalah sederhana, terutama dalam bentuk *two bin* sehingga petugas gudang mudah untuk memahami. Selain itu, kelebihan dari sistem ini yaitu jarang terjadi kesalahan dan kebutuhan produksi untuk *supplier* mudah diprediksi. Namun, kelemahan dari sistem ini yaitu bentuknya tidak dapat dimodifikasi sehingga penanganan kurang efektif ketika terdapat transaksi individu dalam jumlah besar. Jika transaksi yang memicu *replenishment* dalam jumlah besar maka *replenishment* sebesar Q tidak dapat menaikkan posisi persediaan di atas reorder point.

2.7.1.2 Order Point, Order-Up-to-Level (s,S) System

Waktu *replenishment* sistem (s,S) sama seperti sistem (S,Q) yaitu dilakukan ketika posisi persediaan mencapai *reorder point* s atau di bawahnya. Namun dari segi kuantitas, *replenishment* sistem (s,S) berbeda dengan sistem (s,Q) dimana kuantitas dari *replenishment* bervariasi sehingga pemesanan cukup untuk menaikkan posisi persediaan hingga mencapai level S . jika permintaan adalah sebanyak *unit-sized* maka permintaan pemesanan dilakukan ketika posisi persediaan tepat berada pada titik s dengan $S=s+Q$. Namun jika transaksi lebih besar dari *unit-sized* maka jumlah *replenishment* bervariasi. Sistem (s,S) sering juga disebut sebagai *min-max system* karena posisi persediaan selalu di antara nilai minimum s dan maksimum S .

Sistem (s,S) terbaik memiliki total biaya *replenishment*, biaya simpan, dan kekurangan yang lebih kecil daripada sistem (s,Q) terbaik. Sehingga membutuhkan usaha perhitungan yang lebih untuk menemukan pasangan (s,S) terbaik. Salah satu kelemahan dari sistem ini yaitu kuantitas pemesanan bervariasi. *Supplier* sering kali membuat kesalahan lebih memilih untuk mengirim dalam kuantitas yang tetap karena mudah diprediksi.

2.7.2 Sistem Persediaan *Periodic review*

Dalam sistem persediaan *periodic review* dilakukan pantauan terhadap tingkat interval pada *inventory* pada interval waktu (T) yang sama. Biaya dari peninjauan lebih murah karena dilakukan secara periodik. Namun, jika terjadi kekurangan stok saat tidak terjadi peninjauan maka tidak dapat dilakukan tindakan apapun sehingga akan terjadi

shortage. Oleh karena itu, untuk menghindari adanya *stockout* harus disediakan stok pengaman dalam jumlah besar. Namun, *safety stock* dalam jumlah besar akan berpengaruh terhadap *Holding Cost* yang dikeluarkan. Berikut ini merupakan jenis kebijakan perencanaan persediaan dari *periodic review system*.

2.7.2.1 Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R,S) System

Sistem ini diketahui juga sebagai *replenishment cycle system* yang umum digunakan terutama di perusahaan yang tidak menggunakan pengendalian komputer. Sistem ini sering digunakan ketika item dipesan dari pemasok yang sama atau memerlukan pembagian sumber daya. Prosedur pengendalian dilakukan setiap R unit waktu. Pada saat melakukan *review*, pemesanan dilakukan agar posisi persediaan naik hingga mencapai level S. Sistem ini dapat memberikan penghematan terhadap *reorder cost* karena koordinasi pengisian yang dilakukan. Sistem ini juga memberikan kesempatan untuk mengatur order-up-to level S yang diinginkan jika pola permintaan berubah seiring dengan waktu. Namun, kelemahan dari sistem ini yaitu *Holding Cost* yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *continuous review*.

2.9.2.2 (R,s,S) System

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem (s,S) dan (R,S). Pokok utama dari sistem ini yaitu pemeriksaan posisi persediaan dilakukan setiap R unit waktu. Jika posisi stok tepat berada atau di bawah *reorder point* maka dilakukan pemesanan agar posisi persediaan naik hingga level S. Namun, jika posisi stok di atas *reorder point* maka tidak dilakukan pemesanan hingga *review* selanjutnya. Berdasarkan asumsi mengenai pola permintaan dan biaya yang berhubungan maka sistem (R,s,S) yang terbaik akan menghasilkan jumlah *replenishment*, *carrying cost*, dan *shortage cost* yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem lainnya. Namun, sistem ini memerlukan perhitungan yang lebih dalam dan sering untuk memperoleh nilai terbaik dari ketiga parameter.

2.8 Reorder Point

Reorder point (ROP) adalah titik dimana dilakukan suatu pemesanan material kembali. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kekosongan stok material di gudang. Dalam mencari ROP sangat dipengaruhi oleh unsur ketidakpastian dari *lead time*. *Lead time*

sendiri adalah waktu kedatangan material dari dipesan sampai diterima. Berikut ini adalah rumus perhitungannya :

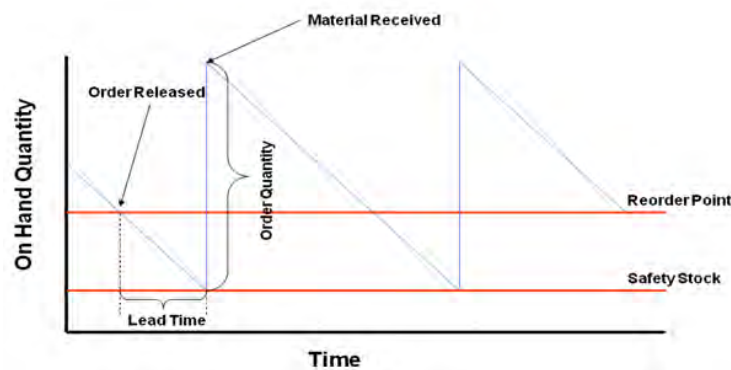
$$ROP = d \times l + SS \quad (2.4)$$

Keterangan:

d = permintaan rata-rata per hari

l = rata-rata *lead time*

SS = *safety stock*



Gambar 2. 4 Penggambaran reorder point

2.9 Teori Optimasi

Teori optimasi atau yang dikenal juga dengan nama riset operasi berkembang sejak perang dunia II. Perkembangan dan penerapannya berlangsung begitu cepat dalam bidang-bidang penting, mulai dari proyek pesawat, perencanaan strategi perang, industri, perdagangan dan lain-lain. Menurut Miller dan M.K. Star, riset operasi adalah peralatan manajemen yang menyatukan ilmu pengetahuan matematika dan logika dalam rangka memecahkan masalah yang dihadapi sehari-hari sehingga dapat dipecahkan secara optimal.

2.9.1 Model-Model Riset Operasi

Dalam perkembangannya, terdapat beberapa model riset operasi, yaitu sebagai berikut:

1. Model ikonik

Merupakan model tiruan fisik seperti bentuk aslinya dengan skala yang lebih kecil, seperti model gedung, model pesawat, dan lain-lain.

2. Model analog

Merupakan model fisik tetapi tidak memiliki bentuk yang mirip dengan yang dimodelkan, seperti model pengukur temperature.

3. Model simbolik

Merupakan model yang menggunakan symbol-simbol huruf, angka, bentuk atau gambar yang menyajikan karakteristik dan properti dari suatu sistem seperti jaringan kerja, *flowchart*, dan lain-lain.

4. Model matematik

Mencakup model-model yang mewakili situasi *real* sebuah sistem yang berupa fungsi matematik seperti model populasi makhluk hidup yang dinyatakan oleh $P_n = a_n * P_o$.

2.9.2 Jenis Optimasi

Ada berbagai jenis optimasi yang sudah berkembang, antara lain pemrograman linear dan pemrograman non linear.

1. Program linear

Program linear menyelesaikan kasus pada fungsi tujuan dan fungsi kendala yang bersifat linear, yaitu pangkat dari variabelnya adalah 1. Untuk menyelesaikan program linear, dapat digunakan metode grafik, yaitu mentransformasikan formulasi ke dalam sebuah grafik. Tetapi metode ini hanya efektif untuk formulasi dengan banyak variabel dua. Untuk formulasi dengan variabel lebih dari dua, dapat digunakan metode simpleks. Metode grafik dan simpleks digunakan pada program linear dengan variabelnya dapat bernilai decimal. Tetapi dalam perkembangannya, ada program linear dimana variabelnya harus bernilai bilangan bulat atau *integer* yang dikenal dengan ILP (*Integer Linear Programming*) dan juga ada pula variabel yang bernilai 0 atau 1 yang dikenal dengan nama BILP (*Binary Integer Linear Programming*) dan ada pula program linear yang merupakan campuran ILP dan BILP yaitu MILP (*Mixed Integer Linear Programming*).

2. Program non linear

Program non linear merupakan pemrograman dengan fungsi tujuannya saja atau bersama dengan fungsi kendala berbentuk non linear yaitu pangkat dan

variabelnya lebih dari satu. Program non linear dapat mempunyai kendala maupun tidak mempunyai kendala.

2.10 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Suatu alat jika dioperasikan untuk jangka waktu tertentu dan kondisi peralatan tersebut diamati maka terdapat dua kemungkinan yaitu berada pada kondisi baik atau rusak. Untuk menanggulangi atau menunda terjadinya kerusakan tersebut dapat dilakukan kegiatan perawatan (Daryus,2007).

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan untuk mengembalikan komponen rusak menjadi lebih baik dan dapat beroperasi sebagaimana mestinya (Dhillon & Reiche, 1987). Menurut (Asyari Daryus,2007), tujuan utama dari kegiatan pemeliharaan antara lain :

1. Untuk memperpanjang umur penggunaan aset.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan dapat diperoleh laba yang maksimum.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan peralatan tersebut.

2.10 Jenis Kegiatan Pemeliharaan

Pemeliharaan dapat dibagi mejadi dua jenis yaitu pemeliharaan pencegahan dan pemeliharaan pembetulan (Orsburn, 1991).

1. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*)

Pemeliharaan ini dilakukan atas dasar rencana atau jadwal yang sudah ditentukan sebelumnya. Tujuan utama dari pemeliharaan jenis ini adalah melakukan deteksi dini atas kerusakan yang akan timbul dan melakukan pencegahan sebelum itu terjadi. Pemeliharaan pencegahan atau perencanaan jadwal disebut juga pemeliharaan yang dapat diperkirakan. Ada tiga alasan mengapa dilakukan tindakan *preventive maintenance*, yaitu:

- 1) Menghindari terjadinya kerusakan.
- 2) Mendeteksi awal terjadinya kerusakan.
- 3) Menemukan kerusakan yang tersembunyi.

Menurut (Worsham,2002), keuntungan dari penerapan *preventive maintenance* antara lain :

- 1) Mengurangi terjadinya perbaikan (*repairs*) dan *downtime*.
- 2) Meningkatkan umur penggunaan dari peralatan.
- 3) Meningkatkan kualitas dari produk.
- 4) Meningkatkan availabilitas (ketersediaan) dari peralatan.
- 5) Meningkatkan kemampuan dari operator, bagian mekanik dan keselamatan.
- 6) Mengurangi waktu untuk merespon terjadinya kerusakan yang parah.
- 7) Menjamin peralatan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.
- 8) Meningkatkan kontrol dari peralatan dan mengurangi *inventory level*.
- 9) Memperbaiki sistem informasi terhadap peralatan/komponen.
- 10) Meningkatkan identifikasi dari masalah yang dihadapi.

2. Pemeliharaan perbaikan (*corrective maintenance*)

Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan yang tidak terjawab. Kegiatan ini merupakan pemeliharaan atau perbaikan sebagai akibat dari suatu kegagalan atau kerusakan atau ketidaksesuaian dalam operasi atau kinerja peralatan. *Corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kegagalan atau kerusakan yang ditemukan selama masa waktu *preventive maintenance*. *Corrective maintenance* dilakukan setelah sebuah kompoen mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mengembalikan keandalan sebuah komponen atau sistem ke dalam kondisi semula (Worsham, 2002)

2.12 Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan ditampilkan mengenai *review* dari penelitian sejenis yaitu penelitian mengenai *inventory spare part*. Sehingga dapat diketahui mengenai perkembangan mengenai penelitian topik yang diangkat.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

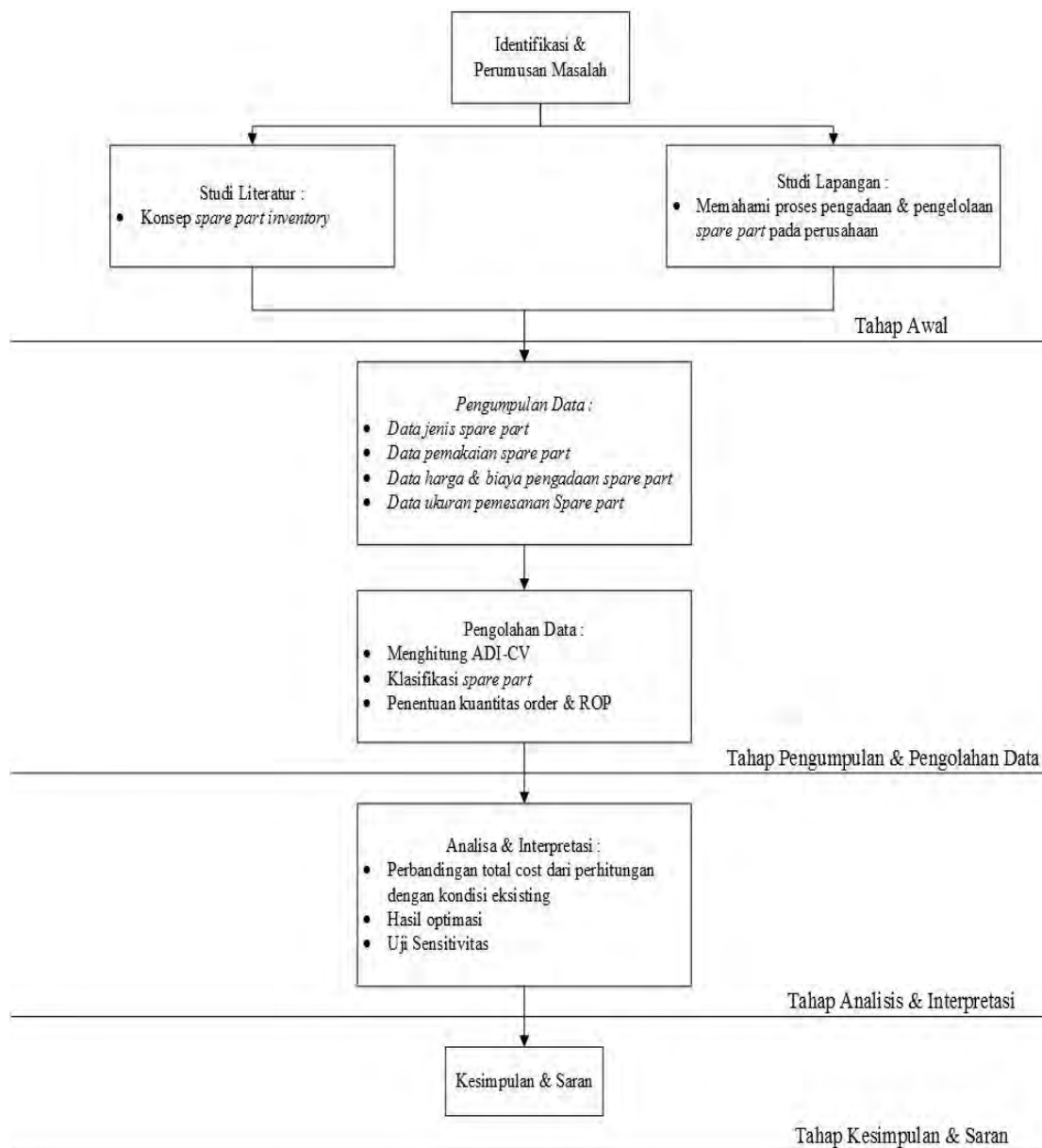
Peneliti /Tahun	Judul	<i>EOQ</i>	Klasifikasi	Metode (s,Q)	Metode (R,s,S)	(s,c,S) <i>can-ordering policy</i>	Simulasi monte carlo
Wirawan Aditya S. Penangsang /2010	<i>Periodic review Approach: (R,s,S) System for Spare part Inventory Control</i> (PT: GMF AERO ASIA - Enginee Maintenance Unit)	V	V		V		V
A.A Putri Dhamayanti /2010	Pengendalian Persediaan <i>Spare part Base Transceiver Station</i> (BTS) dengan Pendekatan <i>Base Stock</i> (R, s, S) (PT Mobile-8 Telecom, TBK Region V- Surabaya)		V		V		V
Irfan Ardiana Putra /2011	Pengendalian Persediaan <i>Spare part</i> dengan Menggunakan <i>Can-Ordering Policy</i> (PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik)		V			V	V
Achmad Setyo S./2017	Penentuan Kebijakan Pengendalian <i>Spare part</i> pada Mesin <i>Pulverizer</i> (Studi Kasus : PLTU PT. IPMOMI PAITON)				V		V

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang ditempuh yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan adanya metodologi penelitian diharapkan proses dan hasilnya sesuai dengan perumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan diawal. Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Peneletian

3.1 Tahap Identifikasi Sistem

Tahap ini berisi pengenalan dan identifikasi sistem pada perusahaan. Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah-masalah yang terjadi dalam perusahaan. Pengidentifikasian dilakukan dengan pengamatan dan wawancara dengan pihak *intern* perusahaan. Permasalahan yang akan diteliti dan akan dijadikan bahasan adalah penentuan *order quantity* dan *reorder point* yang optimum dengan mempertimbangkan biaya *inventory* untuk memperoleh total biaya yang minimum.

3.2 Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur serta studi lapangan. Studi literatur ini digunakan sebagai dasar atau pedoman dalam menyelesaikan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Untuk studi literatur dilakukan pencarian literatur yang terkait dengan penelitian baik melalui buku, jurnal, maupun Tugas Akhir yang telah dikerjakan sebelumnya terutama mengenai *spare part inventory*. Sedangkan untuk studi lapangan dilakukan pengamatan secara langsung pada perusahaan. Pengamatan yang dilakukan adalah mengamati dan memahami proses pengadaan dan pengelolaan *spare part* di perusahaan.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Setelah masalah dalam perusahaan teridentifikasi, selanjutnya dilakukan pengumpulan data—data yang nantinya digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara proses wawancara dengan pihak internal perusahaan dan data historis perusahaan. Adapun data yang dibutuhkan meliputi:

1. Data jenis *spare part*.
2. Data pemakaian *spare part*.
3. Data harga dan biaya pemesanan *spare part*
4. Data pemesanan *spare part*
5. Data *maintenance spare part*

3.4 Tahap Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka langkah selanjutnya dilakukan pengolahan data dilakukan untuk mendayagunakan data yang telah dikumpulkan agar

dapat diketahui informasi yang berguna untuk penentuan strategi manajemen persediaan. Berikut ini merupakan tahap-tahap dalam melakukan pengolahan data.

3.4.1 Pengklasifikasian *Spare Part*

Dalam tahap awal pengolahan data akan dilakukan pemetaan karakteristik *spare part* berdasarkan data pemakaian dengan tingkat *critically spare part*. Dalam metode klasifikasi ini akan ditentukan tingkat kepentingan *spare part* menjadi tinggi, sedang dan rendah.

3.4.2 Pembuatan Model Matematis pada *Software* Optimasi

Pada sub bab ini dilakukan pembuatan model matematis untuk menyelesaikan permasalahan dari *spare part inventory* ini. Fungsi tujuan dari model yang akan dibuat merupakan minimasi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk pengadaan *spare part*. *Input* yang dibutuhkan pada model adalah *total holding cost*, *total shortage cost*, *total ordering cost*. Model optimasi diperoleh dari (Jin, T., & Liao, H., 2009) dengan penyesuaian konstrain dan fungsi tujuan. Penyesuaian dilakukan dengan menghilangkan *total cost of updating parameter* karena tidak dijadikan pertimbangan. Berikut ini adalah model optimasi untuk *spare part inventory* dari sumber:

$$\text{Min TC} = C_h + C_s + C_o + C_u \quad (3.1)$$

Subject to:

$$1 \leq m \leq M_{\max} \quad (3.2)$$

$$Q_i \geq r \geq 0 \text{ for all } i = 1, 2, \dots, m \quad (3.3)$$

Where:

$$C_h = c_1 \sum_{i=1}^m L \left(r - \theta_i + \frac{Q_i}{2} \right) \quad (3.4)$$

$$C_s = c_2 \sum_{i=1}^m \left(\frac{L_i V_i}{Q_i} \right) \left(\theta_i - r - \sum_{x=0}^r \frac{e^{-\theta_i} \theta_i^x}{x!} (x - r) \right) \quad (3.5)$$

$$C_o = c_3 \sum_{i=1}^m \frac{L_i V_i}{Q_i} \quad (3.6)$$

$$C_u = c_4 * m \quad (3.7)$$

Variabel keputusan :

Q_i = Kuantitas order pada m ke i

R = *reorder point* pada m ke i

Notasi :

C_h = total *holding cost*

C_s = total *shortage cost*

C_o = *ordering cost*

C_u = *updating parameter cost*

c_1 = *holding cost per unit (Rp/unit/bulan)*

c_2 = *unit shortage cost (Rp/unit)*

c_3 = *ordering cost*

c_4 = *cost of updating parameter*

x_i = *random demand during replenishment time*

M_{\max} = *the maximum number of setups allowed*

m = *number of time interval to be considered*

l = *replenishment lead time*

L_i = *length of time interval i*

θ = IV_i = *expected aggregate maintenance demand during the replenishment lead time*

Fungsi tujuan (3.1) meminimasi total biaya yang diperlukan dalam pengadaan *spare part*. Persamaan (3.2) menunjukkan bahwa jumlah interval harus lebih dari 1 dan maksimal 12, dengan asumsi bahwa jumlah *setup* maksimal yang dapat terjadi adalah 1 kali setiap bulan. Persamaan (3.3) menunjukkan bahwa jumlah r dan Q harus lebih dari 0, dan Q harus lebih besar daripada r . Persamaan (3.4) merupakan *total holding cost*. Persamaan (3.5) merupakan *total shortage cost*. Persamaan (3.6) merupakan *total ordering cost*.

Berdasarkan model matematis diatas, fungsi tujuan yang digunakan adalah meminimasi total biaya, dengan mengoptimasi *order quantity* (Q) yang diperlukan dan jumlah *setup* (m) yang dapat terjadi dengan mempertimbangkan jumlah *maintenance* yang akan dilakukan.

3.4.3 Pengolahan Data

Setelah data dari penelitian sudah dikumpulkan, maka data akan diolah agar bisa menjadi *input* pada model. Langkah-langkah pengolahan data dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengklasifikasian *spare part* berdasarkan data pemakaian dan *criticality*.
2. Pengolahan *cost* pada *ordering cost*, *holding cost* dan *shortage cost*.
3. Mencari distribusi untuk setiap *spare part*.

3.4.4 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan pada model matematis yang dibuat untuk memastikan apakah model tersebut sesuai antara logika pembangun model dan kondisi riil. Verifikasi adalah pengecekan model matematis yang dibangun apakah sesuai secara logis dan matematis. Sedangkan validasi adalah tahap penentuan apakah model yang dibangun sesuai dengan kondisi permasalahan yang ada. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan biaya/*total cost* yang dihasilkan dari model perhitungan dengan kondisi riil perusahaan. Validasi model dilakukan dengan menggunakan data sederhana. Apabila model telah terverifikasi dan tervalidasi maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

3.4.5 Eksperimen Model dan Pencarian Solusi

Eksperimen model matematis dilakukan setelah model matematis tervalidasi dengan menggunakan *software* optimasi, eksperimen dilakukan untuk menguji model menggunakan data yang telah dikumpulkan untuk dapat memperoleh solusi terbaik. *Output* dari eksperimen ini adalah pilihan jumlah *setup* dengan *total cost* yang dihasilkan.

3.5 Analisa dan Interpretasi

Setelah dilakukan verifikasi dan tahap selanjutnya hasil dilakukan analisa mengenai hasil yang telah diperoleh dari hasil pengolahan data. Analisis yang akan dilakukan meliputi perbandingan *total cost* dari hasil optimasi dan kondisi eksisting, hasil *order quantity* dan *reorder point* optimasi dan uji sensitivitas.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan secara umum dari hasil yang telah diperoleh maupun proses pemecahan masalah itu sendiri, disertai pula dengan saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan perusahaan objek penelitian.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data terkait permasalahan dan pengolahan akan data tersebut. Hasil dari pengolahan data tersebut nantinya akan dijelaskan pada bab analisis dan interpretasi.

4.1 Pengumpulan Data

Pada sub bab 4.1 berisikan data-data yang diperlukan terkait penelitian ini. Data tersebut antara lain data *maintenance spare part*, harga *spare part*, *lead time spare part*, dan biaya-biaya terkait dengan persediaan dan pengadaan.

4.1.1 Data *Maintenance*

Berikut ini adalah data *maintenance* yang dilakukan oleh PT.X baik *preventive* maupun *corrective maintenance* selama 32 bulan terhitung pada bulan Maret 2015 hingga November 2017.

Tabel 4. 1 Data *Maintenance Spare Part*

Material	Bulan															Total
	1	2	3	4	5	6	7	..	26	27	28	29	30	31	32	
Preventive Maintenance																
Engine oil filter	8	0	5	0	8	0	5	..	5	0	8	0	5	0	8	112
..
Corrective Maintenance																
PVC Valve	0	0	0	0	0	0	0	..	0	0	0	0	0	0	0	2
..
Pulley Motor	0	0	0	0	0	0	0	..	0	1	0	0	0	0	0	1

(Sumber: PT.X, 2017)

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa permintaan atau penggunaan *spare part* sangat bervariasi mulai dari 1 sampai dengan *maintenance* yang dilakukan hampir setiap bulan dalam jumlah yang lumayan.

4.1.2 Data Harga dan *Lead Time* Material

Tabel 4.2 dibawah ini menunjukkan ringkasan harga per satu unit *spare part* beserta dengan *lead time* nya.

Tabel 4. 2 Harga dan *Lead Time Spare Part*

Material	Average Cost	Unit Cost	Lead Time (bulan)
Engine oil filter	Rp475.600,00	Rp350.000,00	1
..
Pulley Motor	Rp5.956.000,00	Rp5.560.000,00	1

(Sumber: PT.X, 2017)

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa masing-masing *spare part* memiliki *average cost* dan *unit cost*. *unit cost*, seperti yang sudah diketahui pada umumnya merupakan harga per unit untuk tiap *spare part* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Sedangkan *average cost* merupakan harga keseluruhan yang harus dibayarkan oleh perusahaan untuk setiap jenis item. Sehingga biaya pemesanan atau *ordering cost* dapat diperoleh dari *average cost* dikurangi dengan *unit cost* dimana untuk perhitungan pada masing-masing *spare part* akan dijelaskan dalam sub bab selanjutnya.

4.1.3 Data Biaya *Inventory*

Biaya *inventory* pada PT. X didasarkan pada perhitungan depresiasi untuk aset yang terkait dengan gudang serta sumber daya manusia yang mengelolanya. Berikut ini akan ditampilkan mengenai rincian perhitungan biaya *inventory* untuk PT.X.

Tabel 4. 3 Perhitungan Depresiasi untuk Aset pada Gudang

Aset	Harga Satuan	Kuantitas	Total Harga	<i>Life Time</i> (tahun)
Tanah	Rp1.520.000	225 m ²	Rp342.000.000	30
Gedung	Rp2.000.000	225 m ²	Rp450.000.000	30
Forklift	Rp417.315.000	1	Rp417.315.000	20
Rak	Rp4.900.000	35	Rp171.500.000	20
Pallet Kayu	Rp1.389.080	60	Rp83.344.800	20
Hand Pallet	Rp29.900.000	2	Rp59.800.000	20
Drum Porter	Rp22.900.000	1	Rp22.900.000	20

(Sumber: PT.X, 2017)

Tabel 4. 4 Perhitungan Total Gaji Karyawan Gudang

Pekerja	Jumlah Pekerja	Gaji	Total Gaji
Staff	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
Helper	1	Rp5.000.000	Rp5.000.000
TOTAL			Rp11.000.000

(Sumber: PT.X, 2017)

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini akan digunakan sebagai input ke dalam model matematis. Data yang diolah merupakan data riil perusahaan. Pengolahan data pada tugas akhir ini meliputi pengelompokan material, *fitting distribusi*, serta perhitungan biaya persediaan.

4.2.1 Pengelompokan Spare Part

Pengelompokan material pada penelitian ini berdasarkan pada pola permintaan material serta *criticality* untuk setiap *spare part*.

4.2.1.1 Pola Permintaan Spare Part

Pola permintaan *spare part* terdiri dari empat kategori, yaitu *slow moving*, *intermittent*, *erratic*, dan *lumpy*. Untuk menentukan pola *spare part* pada penelitian ini dilakukan perhitungan ADI dan CV. Rumus dari perhitungan *spare part* sendiri telah dijabarkan pada bab 2. Berikut merupakan hasil pengelompokan *spare part* pada PT. X

Tabel 4. 5 Tabel Pola Permintaan Spare Part

Material	Bulan					Total	ADI	CV	Klasifikasi
	1	2	..	31	32				
Engine oil filter	8	0	..	0	8	112	1.9333	1.03508	<i>Lumpy</i>
..
Pulley Motor	0	0	..	0	0	1	29	6.164414	<i>Lumpy</i>

4.2.1.2 Criticality Spare Part

Penentuan *critical spare part* pada penelitian ini mempunyai beberapa pertimbangan berdasarkan atas wawancara yang telah dilakukan. Wawancara dilakukan dengan *staff* bagian *maintenance* pada PT.X. Kriteria yang dipertimbangkan ada 3, yaitu harga *spare part*, dampak terhadap produksi, dan *maintainability*. Berikut ini merupakan kategori penilaian berdasarkan pada masing-masing kriteria.

Tabel 4. 6 Penilaian berdasarkan kriteria harga *spare part*

Nilai	Harga	
1	Murah	Rp0,00-Rp5.000.000,00
2	Sedang	Rp5.000.000,00-Rp20.000.000,00
3	Mahal	\geq Rp20.000.000,00

Tabel 4. 7 Penilaian berdasarkan kriteria dampak terhadap produksi

Nilai	Dampak Terhadap Produksi	
1	Tidak berpengaruh	Kerusakan mesin 0-25%
2	Cukup berpengaruh	Kerusakan mesin 26-50%
3	Sangat berpengaruh	Kerusakan mesin 51-100%

Tabel 4. 8 Penilaian berdasarkan kriteria *maintainability*

Nilai	<i>Maintainability</i>	
1	Cepat	Tingkat kecepatan tinggi (0-5 jam/ <i>maintenance</i>)
2	Sedang	Tingkat kecepatan sedang (5,1-10 jam/ <i>maintenance</i>)
3	Lambat	Tingkat kecepatan rendah (diatas 10 jam/ <i>maintenance</i>)

Selanjutnya untuk masing-masing kriteria memiliki bobot masing-masing terhadap tingkat kritikal *spare part*. Bobot penilaian ini diperoleh melalui hasil diskusi dengan pihak perusahaan. Berikut ini merupakan bobot dari setiap kriteria.

Tabel 4. 9 Bobot untuk masing-masing kriteria penilaian

Kriteria	Bobot
Harga <i>spare part</i>	15%

Kriteria	Bobot
Dampak terhadap produksi	50%
<i>Maintainability</i>	35%

Setelah semua tingkat penilaian beserta bobot kritikal sudah diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah memberikan nilai pada masing-masing *spare part* untuk setiap kriteria. Berikut ini merupakan hasil penilaian *criticality spare part*

Tabel 4. 10 Perhitungan *criticality* untuk tiap *spare part*

Material	Harga	Dampak	<i>Maintainability</i>	Nilai x bobot			Total
Engine oil filter	1	1	1	0.15	0.5	0.35	1
..
Pulley Motor	2	2	1	0.3	1	0.35	1.65

Berdasarkan tabel 4.10, dapat dilihat total nilai pada masing-masing *spare part*. Berikut ini merupakan penilaian terhadap kategori *spare part* berdasarkan tingkat *criticality*. *Spare part* dikatakan memiliki tingkat kritikal yang tinggi ketika memiliki nilai sebesar 80% dari total nilai keseluruhan, yaitu 3(tiga). Sedangkan untuk tingkat kritikal yang sedang berada pada nilai 61%-80% dan untuk tingkat kritikal yang rendah berada pada nilai 0%-60%. Pengklasifikasian ini diperoleh melalui diskusi dengan perusahaan. Berikut ini merupakan tingkat kritikal *spare part*.

Tabel 4. 11 Tingkat kritikal *spare part* berdasarkan total nilai

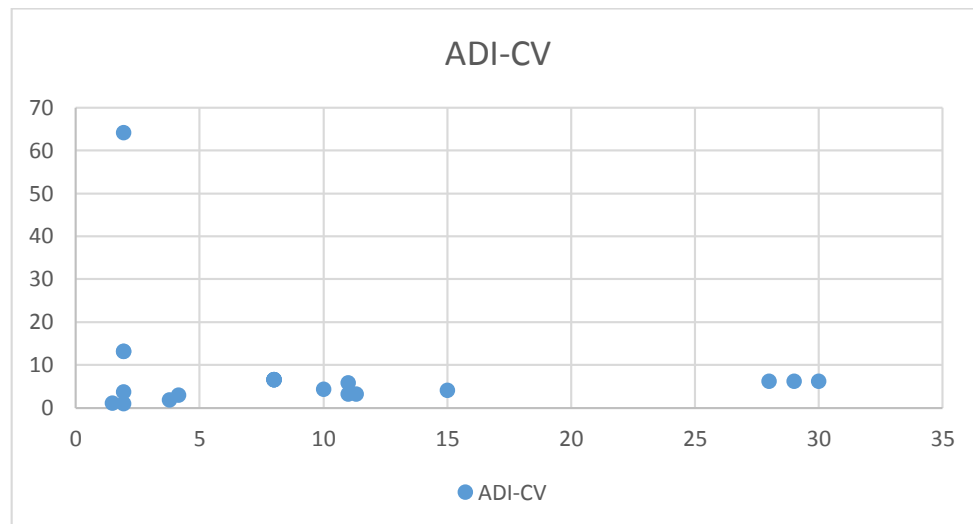
Nilai	Tingkat Kritikal	Lambang
0-1.8	Rendah	C
1.81-2.4	Sedang	B
2.41-3	Tinggi	A

4.2.1.3 Rekap Klasifikasi *Spare Part*

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan pola permintaan *spare part* dan *criticality spare part*, berikut ini merupakan rekap klasifikasi *spare part* berdasarkan pola permintaan dan *criticality*.

Tabel 4. 12 Klasifikasi *Spare Part*

Material	ADI	CV	Klasifikasi	Total	Tingkat Kritikal
Journal Bushing Bearing	30	6.164414	<i>Lumpy</i>	2.85	A
..
Fuel filter	1.48718	1.13495	<i>Lumpy</i>	0.65	C



Gambar 4. 1 Hasil Klasifikasi ADI-CV *Spare Part*

4.2.2 Perhitungan Biaya Persediaan

Untuk mendapatkan biaya persediaan, sebelumnya perlu dihitung tiga jenis biaya penyusunnya, yaitu *holding cost*, *order cost* dan *shortage cost*. Ketiga jenis biaya persediaan ini nantinya akan digunakan untuk mengevaluasi masing-masing metode pengendalian persediaan.

4.2.2.1 *Order cost*

Order cost merupakan biaya pemesanan sebuah barang yang mungkin berisikan terkait biaya pengambilan dari pesanan itu sendiri. *Order cost* pada penelitian ini dapat diketahui dari pengurangan *average cost* dengan *unit cost* dengan data yang sudah dijabarkan pada sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan *order cost* untuk *spare part engine oil filter*.

$$\text{Order Cost} = \text{Average Cost} - \text{Unit Cost}$$

$$\text{Order Cost} = \text{Rp}475.600 - \text{Rp}350.000,00$$

$$\text{Order Cost Engine Oil Filter} = \text{Rp}125.600,00$$

Dari hasil contoh perhitungan diatas didapatkan *order cost* untuk 1 kali pemesanan *engine oil filter* adalah sebesar Rp125.600,00. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan *order cost* untuk setiap *spare part*.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi *order cost*

Material	Order Cost (Rp)
Engine oil filter	Rp125.600,00
..	..
Pulley Motor	Rp396.000,00

Order cost selanjutnya menjadi *input* pada model matematis. Dalam penelitian ini, *order cost* dihitung untuk setiap *spare part* pada tiap kali pemesanan.

4.2.2.2 Holding Cost

Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan terhadap *holding cost* yang dikenakan untuk satu *spare part*. Berdasarkan penjabaran pada sub bab sebelumnya, *holding cost* pada penelitian ini diperoleh berdasarkan depresiasi dari tiap aset yang terkait dengan gudang serta sumber daya manusia yang mengelolanya. Berikut ini merupakan contoh perhitungan depresiasi untuk aset forklift pada gudang dengan menggunakan metode *straight line* dengan *ending value* sebesar Rp0,00.

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Beginning Value} - \text{Ending Value}}{\text{Lifetime}}$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Rp417.315.000,00} - \text{Rp0,00}}{20}$$

$$\text{Depresiasi forklift dalam 1 tahun} = \text{Rp20.865.750,00}$$

$$\text{Depresiasi forklift dalam 1 bulan} = \frac{\text{Rp20.865.750,00}}{12}$$

$$\text{Depresiasi forklift dalam 1 tahun} = 1.738.813,00$$

Dimana:

Beginning Value = Harga aset saat baru dibeli

Ending Value = Harga aset pada saat *lifetime* berakhir

Lifetime = Lamanya masa berlaku aset

Selain depresiasi aset, *holding cost* juga memperhitungkan biaya sumber daya manusia yang mengelola gudang dimana untuk besarnya gaji sudah ditampilkan pada sub bab sebelumnya. Sehingga, besarnya *holding cost* untuk depresiasi aset dan gaji karyawan pada setiap *spare part* adalah sama. Berikut merupakan perhitungannya.

Tabel 4. 14 Depresiasi dan Gaji Karyawan Gudang

Aset	Total Harga	Depresiasi/bulan
Tanah	Rp342.000.000	Rp998.667
Gedung	Rp450.000.000	Rp1.262.500
Forklift	Rp417.315.000	Rp1.738.813
Rak	Rp171.500.000	Rp714.583
Pallet Kayu	Rp83.344.800	Rp347.270
Hand Pallet	Rp59.800.000	Rp249.167
Drum Porter	Rp22.900.000	Rp95.417
Total		Rp5.406.416
Pekerja	Jumlah Pekerja	Gaji/bulan
Staff	1	Rp6.000.000
Helper	1	Rp5.000.000
Total		Rp11.000.000
<i>Holding Cost</i>		Rp16.406.416

Dari tabel 4.14 diatas, dapat diketahui bahwa nilai *holding cost* keseluruhan untuk semua barang yang berada di gudang sebesar Rp 16.406.416. Berdasarkan data, diketahui bahwa sejumlah 284 barang berada di gudang, sehingga nilai *holding cost* untuk setiap *spare part* adalah:

$$\text{Holding cost/unit} = \frac{\text{Total holding cost}}{\text{Jumlah unit}}$$

$$\text{Holding cost/unit} = \frac{\text{Rp } 16.406.416}{284 \text{ unit}}$$

$$\text{Holding cost/unit} = \text{Rp}57.769,07$$

Selain depresiasi dan biaya karyawan, *holding cost* juga memperhitungkan *obsolescence cost* yang didapat dari depresiasi *spare part* untuk 5 tahun. Batasan 5 tahun merupakan peraturan PT.X untuk mengklasifikasikan *spare part* sebagai *dead stock* yaitu *spare part* yang tidak digunakan dan disimpan di dalam gudang selama lebih dari 5 tahun. Berikut ini adalah salah satu perhitungan depresiasi *spare part engine oil filter*.

$$\text{Obsolescence Cost} = \frac{\text{Nilai Barang}}{\text{Lifetime}}$$

$$\text{Obsolescence Cost dalam 1 tahun} = \frac{\text{Rp}350.000,00}{5 \text{ tahun}}$$

$$\text{Obsolescence Cost dalam 1 tahun} = \text{Rp}70.000,00$$

$$\text{Obsolescence Cost dalam 1 bulan} = \frac{\text{Rp}70.000,00}{12 \text{ bulan}}$$

$$\text{Obsolescence Cost dalam 1 bulan} = \text{Rp}5.833,33$$

Selain depresiasi dan biaya karyawan, *holding cost* juga terdiri dari *cost of capital*. Biaya modal atau *cost of capital* merupakan biaya riil yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk memperoleh dana, baik yang berasal dari hutang, saham prederen, saham biasa, maupun laba ditahan untuk mendanai suatu investasi atau operasi perusahaan. *Cost of capital* didapatkan dari suku bunga pinjaman bank. Suku bunga yang digunakan sebesar 12% terhadap nilai barang. Berikut ini merupakan conoth perhitungan *cost of capital* untuk *spare part engine oil filter*.

$$\text{Cost of Capital} = 12\% \times \text{Unit Cost}$$

$$\text{Cost of Capital} = 12\% \times \text{Rp } 1.048.387$$

$$\text{Cost of Capital} = \text{Rp } 125.806$$

4.2.2.3 Shortage Cost

Dalam menghitung *shortage cost* dari *spare part* pada penelitian ini diperhitungkan kerugian yang akan ditanggung oleh perusahaan apabila ketika mesin

mengalami *breakdown*/kerusakan, dan *spare part* yang dibutuhkan untuk diganti pada mesin tersebut tidak ada pada persediaan/gudang. Aspek kerugian itu sendiri ditinjau dari *loss production* selama sistem *shutdown* yang tidak direncanakan. Berikut ini merupakan perhitungan *shortage cost* yang terjadi dalam 1 hari.

$$\text{Produksi listrik 1 hari} = 14 \text{ MW}$$

$$\text{Harga listrik/kwH} = \text{Rp}1.467,28$$

$$\text{Kerugian/hari} = \text{produksi listrik} \times \text{harga listrik}$$

$$\text{Kerugian/hari} = 14\text{MW} \times \text{Rp } 1.467,28$$

$$\text{Kerugian/hari} = \text{Rp}20.541.920,00$$

Berdasarkan klasifikasi *spare part* yang telah dilakukan pada sub bab sebelumnya, maka *shortage cost* dibedakannya besarnya untuk tiap jenis tingkat kritikal *spare part*. Berikut ini merupakan perbedaan *shortage cost* untuk tiap jenis *spare part*.

Tabel 4. 15 *Shortage Cost*

Tingkat Kritikal	% <i>shortage cost</i>	<i>Shortage cost</i>
A	75%	Rp 15,406,440
B	50%	Rp 10,270,960
C	25%	Rp 5,135,480

4.2.2.4 Biaya Persediaan *Spare Part*

Setelah dilakukan perhitungan terhadap *reorder cost*, *holding cost*, dan *shortage cost*, maka dapat diketahui ketiga harga tersebut untuk masing-masing *spare part* seperti yang akan diapaparkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 16 *Reorder cost, Holding cost, Shortage cost Spare Part*

Material	<i>Reorder Cost</i>	<i>Shortage Cost</i>	<i>Holding Cost</i>		
			Depresiasi +Gaji	<i>Obsolence Cost</i>	<i>Cost of Capital</i>
Engine oil filter	Rp108,400	Rp5,135,480	Rp5,776,907	Rp17,473	Rp125,806
..
Pulley Motor	Rp396,000	Rp5,135,480	Rp57,769	Rp92,667	Rp667,200

4.2.3 *Fitting Distribusi Spare Part*

Fitting distribusi pada sub bab ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari jenis distribusi pada setiap *spare part* beserta parameter nya. Dengan menggunakan *Input Analyzer*, maka didapatkan distribusi untuk masing-masing *spare part* adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 17 Pola Distribusi *Spare Part*

Material	Distribusi
Engine oil filter	-0.5 + WEIB(3.86, 0.922)
Water Separator	UNIF(-0.5, 3.5)
Air cleaner inner 1	-0.5 + LOGN(0.763, 0.487)
Air cleaner outer 1	-0.5 + LOGN(0.763, 0.487)
Suction Strainer	-0.5 + WEIB(0.673, 2.14)
Fuel filter	UNIF(-0.5, 32.5)
Transmission oil filter	-0.5 + LOGN(1.33, 1.59)
Air Cleaner inner 2	-0.5 + LOGN(1.09, 1.14)
Air Cleaner outer 2	-0.5 + LOGN(1.09, 1.14)
Hydraulic oil filter 1	-0.5 + LOGN(1.09, 1.14)
Hydraulic oil filter 2	-0.5 + LOGN(1.09, 1.14)
Booster Pump	POIS(0.0571)
Journal Bushing Bearing	POIS(0.0313)
Valve Hydrant	-0.5 + WEIB(0.673, 2.14)
Brake Shoes	-0.5 + WEIB(0.89, 1.9)
Separator Level Oil	-0.5 + WEIB(0.663, 2.17)
Clamp Accu	-0.5 + LOGN(0.635, 0.312)
PVC Valve	-0.5 + LOGN(0.543, 0.148)
Motor Vibrator	POIS(0.0313)
Pulley Motor	POIS(0.0286)

4.2.4 Model Optimasi Spare Part Inventory

Model optimasi *spare part inventory* yang akan dibuat mengadaptasi dari model *spare part inventory* Jin, T., & Liao, H. (2009) dengan penyesuaian konstrain dan fungsi tujuan. Berikut adalah model Jin, T., & Liao, H. (2009) dengan penyesuaian.

$$\text{Min TC} = C_h + C_s + C_o \quad (4.1)$$

Subject to:

$$1 \leq m \leq M_{\max} \quad (4.2)$$

$$Q_i \geq r \geq 0 \text{ for all } i=1,2,\dots,m \quad (4.3)$$

Where:

$$C_h = c_1 \sum_{i=1}^m L \left(r - \theta_i + \frac{Q_i}{2} \right) \quad (4.4)$$

$$C_s = c_2 \sum_{i=1}^m \left(\frac{L_i V_i}{Q_i} \right) \left(\theta_i - r - \sum_{x=0}^{\infty} \text{Prob}(x) (x - r) \right) \quad (4.5)$$

$$C_o = c_3 \sum_{i=1}^m \frac{L_i V_i}{Q_i} \quad (4.6)$$

Variabel keputusan :

Q_i = Kuantitas order pada m ke i

R = *reorder point* pada m ke i

Notasi :

C_h = total *holding cost*

C_s = total *shortage cost*

C_o = *ordering cost*

c_1 = *holding cost per unit (Rp/unit/bulan)*

c_2 = *unit shortage cost (Rp/unit)*

c_3 = *ordering cost*

x_i = *random demand*

M_{\max} = jumlah setup maksimum

m = *time interval* yang dipertimbangkan

l = *lead time* pengiriman

L_i = panjang *time interval* i

θ = IV_i = *demand maintenance* yang diperkirakan terjadi selama *lead time*

Prob (x) = *probability* terjadi nya x_i (*random demand*)

Fungsi tujuan (4.1) meminimasi total *inventory cost* yang terdiri dari *holding cost*, *ordering cost* dan *shortage cost*. Persamaan (4.2) menunjukkan jumlah *time interval* yang dipertimbangkan berkisar diantara 1 hingga jumlah setup maksimum yang ditetapkan. Persamaan (4.3) menyatakan jumlah *order quantity* dan *reorder point* yang dicari harus lebih dari 0, dan *order quantity* harus melebihi *reorder point*. Persamaan (4.4) merupakan persamaan *total holding cost* selama *time interval*. Persamaan (4.5) menunjukkan persamaan *shortage cost* selama *time interval*. Persamaan (4.6) menunjukkan persamaan *ordering cost* selama *time interval*.

4.2.5 Verifikasi dan Validasi Model Matematis

Setelah dilakukan pembuatan model matematis, maka langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi dan validasi terlebih dahulu. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan cara membandingkan *cost* hasil perhitungan pada *software* optimasi dengan *cost* dari PT.X untuk nilai *order quantity* dan *reorder point* yang sama. Berikut ini adalah data *maintenance* beserta *order quantity* dan *reorder point* untuk *spare part Air Cleaner 2*.

Tabel 4. 18 Data Validasi

R	Q	Vi
0	0	0
0	12	12
0	4	4
0	4	4

(Sumber: PT.X, 2017)

Dengan *order cost* sebesar Rp 108.400,00, *shortage cost* sebesar Rp 5.135.480,00, dan *holding cost* sebesar Rp 75.242,00. Diketahui bahwa *cost* yang dikeluarkan secara keseluruhan adalah sebesar Rp 99.930.820,00 . Maka lalu dilakukan *running* pada *software* optimasi dengan data seperti diatas, dan mendapatkan *total cost* yang sama dengan keadaan eksisting. Maka, dapat dikatakan bahwa model optimasi telah melalui proses verifikasi dan validasi sehingga dapat dilakukan *running model* secara keseluruhan untuk mencari solusi dari *order quantity* dan *reorder point* yang optimum.

Variable	Value
JUMLAHM	4.000000
C1	75242.00
C2	5135480.
C3	108400.0
L	1.000000
TOTALCOST	0.9993082E+08
CH	0.000000
CO	325200.0
CS	0.9960562E+08
R(1)	0.000000
R(2)	0.000000
R(3)	0.000000
R(4)	0.000000
Q(1)	0.000000
Q(2)	12.00000
Q(3)	4.000000
Q(4)	4.000000
V(1)	0.000000
V(2)	12.00000
V(3)	4.000000
V(4)	4.000000

Gambar 4. 2 Hasil Validasi pada *Software* Optimasi

Lalu, dilakukan *running* dari model untuk mencari kondisi pemesanan yang optimum untuk *spare part Air Cleaner 2*, dan didapatkan *total cost* yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp 589.940,00, dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 4. 19 Data Validasi Optimum

R	Q	Vi
0	0	0
0	12	12
1	5	4
0	7	4

Maka, dapat dikatakan bahwa model optimasi telah melalui proses verifikasi dan validasi, dan berhasil memberikan hasil pemesanan yang lebih optimum bagi perusahaan.

BAB V

ANALISA DAN INTERPRETASI

Pada bab ini akan dilakukan analisa dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisa tersebut meliputi analisa model optimasi *spare part inventory* yang digunakan, analisa hasil optimasi, analisa biaya, analisa *cost saving*, analisa *shortage cost*, analisa sensitivitas, analisa *order quantity* dan *reorder point* serta analisa kelebihan dan kekurangan model.

5.1 Analisa Model Optimasi

Hasil pada bab sebelumnya menunjukkan bahwa model sudah valid serta model matematis dapat menghasilkan hasil yang lebih minimum dibandingkan dengan kondisi eksisting. Maka, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan riil dengan menggunakan data yang telah diolah. Model optimasi pada *software* optimasi dilakukan satu kali *running* untuk setiap *spare part*, setiap 1 *time interval*. *Spare part* yang menjadi amatan pada penelitian ini adalah sebanyak 20 *spare part*, dengan masing-masing mempunyai 6 jenis *time interval*, sehingga, total *running* yang dilakukan adalah sebanyak 120 kali *running*. Tujuan dari model optimasi sendiri adalah mencari nilai *order quantity* dan *reorder point* yang optimum untuk setiap *time interval* pada setiap jenis *spare part*. Setelah itu, dilihat dari *total cost* untuk setiap *time interval*, maka dicarilah *total cost* yang paling minimum dari 6 jenis *time interval* tersebut dan *time interval* yang memiliki *total cost* paling minimum menjadi rekomendasi untuk perusahaan.

5.2 Hasil Optimasi

Pada sub bab ini dilampirkan hasil dari *running* model optimasi *spare part* untuk setiap *time interval*. Hasil dari optimasi ini berupa *order quantity* dan *reorder point* yang optimum untuk setiap *time interval* beserta *total cost* nya. Berikut ini adalah hasil perhitungan model optimasi pemesanan untuk *spare part suction strainer*.

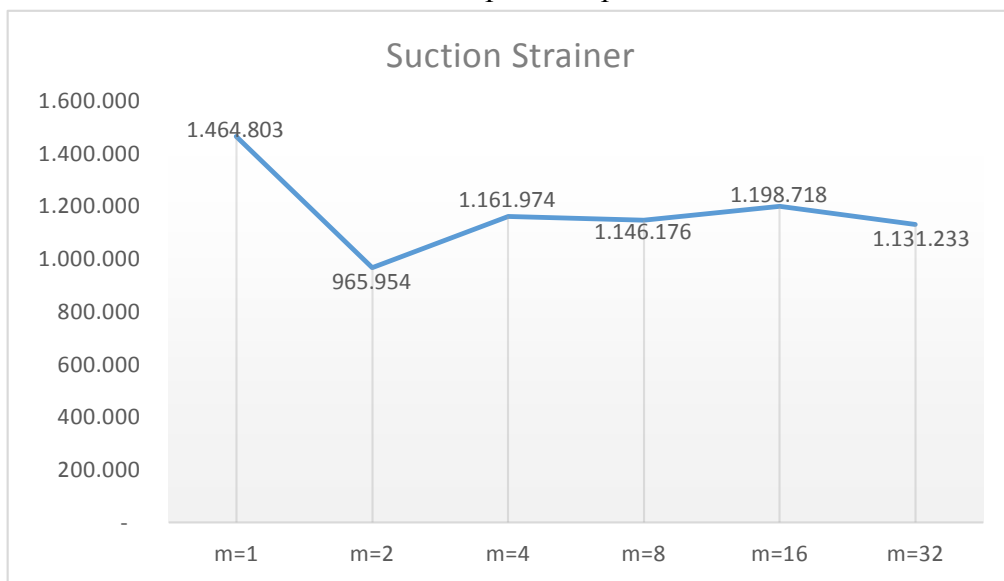
Tabel 5. 1 Hasil Optimasi Pemesanan *Suction Strainer*

Bulan	m=1	m=2	m=4	m=8	m=16	m=32
1	(4,7)	(3,3)	(0,3)	(0,5)	(1,2)	(2,2)
2						(0,0)
3					(0,0)	(0,0)

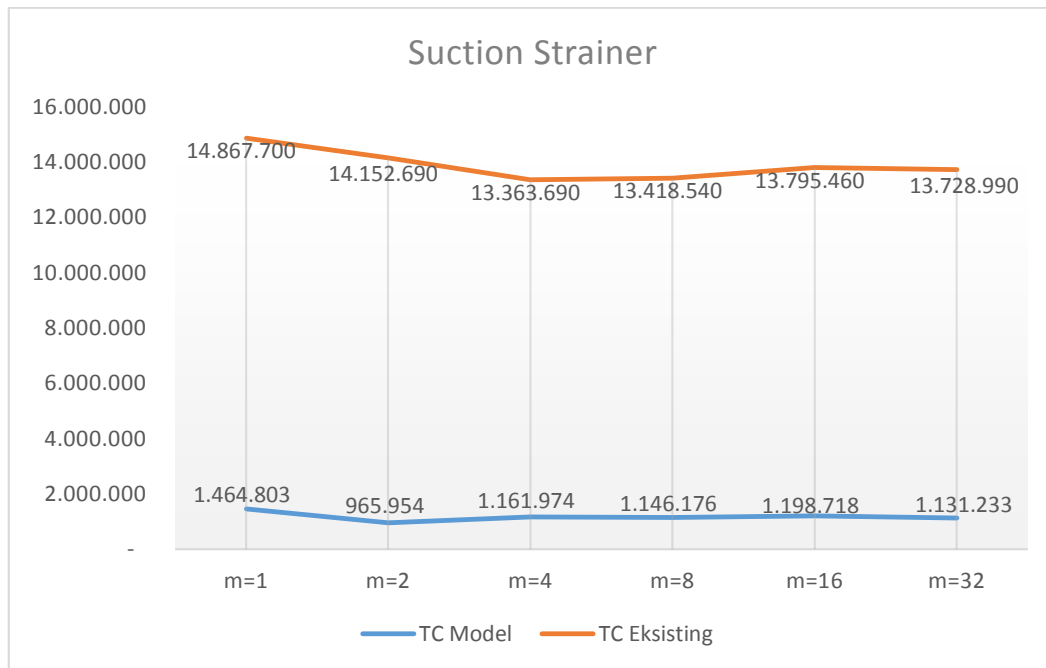
Bulan	m=1	m=2	m=4	m=8	m=16	m=32
4						(0,0)
5				(0,0)	(0,0)	(0,0)
6						(0,0)
7					(0,0)	(0,0)
8						(0,0)
9			(1,2)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
10						(0,0)
11					(0,0)	(0,0)
12						(0,0)
13				(2,2)	(0,0)	(0,0)
14						(0,0)
15					(2,2)	(0,0)
16						(1,2)
17		(0,3)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
18						(0,0)
19					(0,0)	(0,0)
20						(0,0)
21				(0,0)	(0,0)	(0,0)
22						(0,0)
23					(0,0)	(0,0)
24						(0,0)
25			(2,2)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
26						(0,0)
27					(0,0)	(0,0)
28						(0,0)
29				(0,3)	(0,0)	(0,0)
30						(0,0)
31					(0,4)	(0,0)
32						(0,3)
TC (Rp)	1,464,803	965,954	1,161,974	1,146,176	1,198,718	1,131,233
Eksisting (Rp)	14,867,700	14,152,690	13,363,690	13,418,540	13,795,460	13,728,990
Perbedaan (Rp)	13,402,897	13,186,736	12,201,716	12,272,364	12,596,742	12,597,757
%	90.15%	93.17%	91.30%	91.46%	91.31%	91.76%

Hasil *running* model optimasi untuk pemesanan *spare part* tidak dilakukan setiap saat untuk *time interval* 32, 16, 8 dan 4. Akan tetapi pemesanan dilakukan setiap saat untuk *time interval* 1 dan 2. Terlihat bahwa jumlah *spare part* paling banyak dipesan pada *time interval* 16, yaitu dengan jumlah *spare part* sebanyak 15, yang berdampak pada *total cost* yang ikut membesar dikarenakan *holding cost* yang ikut tinggi. Dapat dilihat bahwa % perbedaan yang ditimbulkan melalui hasil optimasi sangat signifikan yaitu sebesar 90.15%-91.76%. Berikut adalah grafik pemesanan hasil optimasi.

Gambar 5. 1 *Total Cost Hasil Optimasi Spare Part Suction Strainer*



Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa *total cost* hasil optimasi bervariasi tergantung dengan *time interval* yang otomatis akan mempengaruhi banyaknya *order quantity* dan besarnya *reorder point* yang optimal. *Total cost* paling rendah dimiliki oleh pemesanan dengan banyaknya *time interval*=2, yaitu Rp 969.954,00 dan *total cost* paling tinggi dimiliki oleh pemesanan dengan banyaknya *time interval*=1, yaitu Rp 1.464.803,00. Sehingga dapat disimpulkan bahwa banyaknya *time interval* yang optimum untuk pemesanan *spare part suction strainer* adalah sebanyak 2 kali, atau pemesanan dilakukan setiap 16 bulan sekali. Berikut ini adalah perbandingan kondisi hasil optimasi dengan kondisi eksisting yang dilakukan oleh perusahaan.



Gambar 5. 2 Perbandingan *Total Cost* Optimasi dengan Eksisting

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kondisi hasil optimasi jauh lebih rendah *total cost* nya dibandingkan dengan kondisi eksisting yang sedang dilakukan oleh perusahaan saat ini. Untuk pemesanan dengan *time interval* sebanyak 1 kali, atau pemesanan dilakukan dalam 32 bulan sekali, perbedaan yang dihasilkan sebanyak Rp 13.402.897 atau sebesar 90.15%. Hal ini disebabkan oleh *shortage cost* yang ditimbulkan karena pemesanan dinilai terlalu sedikit dan tidak mengantisipasi kemungkinan *failure* dari *spare part* yang dapat muncul secara tiba-tiba.

5.3 Hasil *Total Cost* Keseluruhan Model Optimasi dan Eksisting

Berikut ini akan ditampilkan mengenai *total cost* untuk model optimasi secara keseluruhan. Dapat dilihat bahwa *total cost* paling rendah adalah dengan $m=2$ atau dengan kata lain pemesanan dilakukan setiap 16 bulan sekali yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 108.423.941,00. Selanjutnya diikuti dengan pemesanan setiap 8 bulan sekali atau dengan $m=4$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 109.615.349,00. Pada posisi ketiga terdapat pemesanan setiap 4 bulan sekali atau dengan $m = 8$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 112.308.105,00. Posisi keempat dimiliki oleh pemesanan yang dilakukan setiap 2 bulan sekali atau dengan $m = 16$ yang menghasilkan

total cost sebanyak Rp 117.913.031,00. Posisi kelima dimiliki oleh pemesanan yang dilakukan satu kali dalam 32 bulan atau dengan kata lain $tm = 1$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 127.947.866,00. Sehingga posisi terakhir dimiliki oleh pemesanan setiap bulan atau $m = 1$ yang memiliki *total cost* sebesar Rp 137.849.528,00. Sehingga, berdasarkan hasil optimasi yang telah dilakukan, perusahaan lebih disarankan untuk mengambil pemesanan setiap 16 bulan sekali untuk keseluruhan *spare part* agar dapat diperoleh *total cost* yang minimum dibandingkan dengan *total cost* pada *time interval* yang lainnya.

Tabel 5. 2 *Total Cost* Hasil Optimasi

Spare Part	m=1 (Rp)	m=2 (Rp)	m=4 (Rp)	m=8 (Rp)	m=16 (Rp)	m=32 (Rp)
Clamp Accu	1,060,783	505,253	327,560	451,073	328,097	318,703
..
Pulley Motor	1,882,749	1,882,749	1,882,749	1,882,749	1,882,749	1,882,749
TOTAL COST	127,947,866	108,423,941	109,615,349	112,308,105	117,913,031	137,849,528

Jika sebelumnya telah dibahas mengenai *total cost* hasil optimasi, maka selanjutnya adalah merupakan rekap dari *total cost* pada kondisi eksisting. Dapat dilihat bahwa *total cost* paling rendah adalah dengan $m=2$ atau dengan kata lain pemesanan dilakukan setiap 16 bulan sekali yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 1.003.405.038,30. Selanjutnya diikuti dengan pemesanan setiap 32 bulan sekali atau dengan $m=1$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 1.080.114.913,30. Pada posisi ketiga terdapat pemesanan setiap 4 bulan sekali atau dengan $m = 8$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 1.095.726.975,80. Posisi keempat dimiliki oleh pemesanan yang dilakukan setiap 8 bulan sekali atau dengan $m = 4$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 1.018.211.688,30. Posisi kelima dimiliki oleh pemesanan yang dilakukan setiap 2 bulan atau dengan kata lain $m = 16$ yang menghasilkan *total cost* sebanyak Rp 1.102.289.708,30. Sehingga posisi terakhir dimiliki oleh pemesanan setiap satu bulan sekali atau $m = 32$ yang memiliki *total cost* sebesar Rp 3.181.354.920,80.

Tabel 5. 3 *Total Cost* Eksisting

Spare Part	m=1 (Rp)	m=2 (Rp)	m=4 (Rp)	m=8 (Rp)	m=16 (Rp)	m=32 (Rp)
Clamp Accu	34,726,390	24,363,760	24,862,650	19,166,800	17,539,190	23,125,070
..

Spare Part	m=1 (Rp)	m=2 (Rp)	m=4 (Rp)	m=8 (Rp)	m=16 (Rp)	m=32 (Rp)
Pulley Motor	5,531,480	5,531,480	5,531,480	5,531,480	5,531,480	5,531,480
TOTAL COST	1,080,114,914	1,003,405,038	1,018,211,688	1,095,726,976	1,102,289,708	3,181,354,921

5.4 Analisa Hasil *Total Cost*

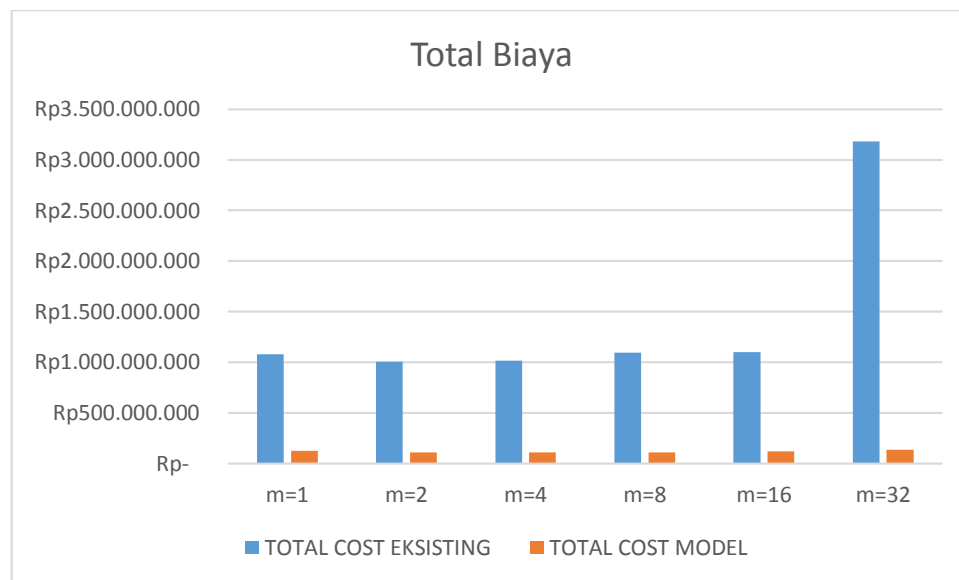
Fungsi biaya pada penelitian ini memiliki peranan yang sangat penting. Fungsi tujuan di dalam model ini ialah *trade off* antara *holding cost*, *order cost* dan *shortage cost*. Dalam pemesanan diharapkan bisa memesan dalam jumlah yang cukup sehingga akan mencegah terjadi nya *shutdown* pada pabrik yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar. Akan tetapi, pemesanan *spare part* yang terlalu banyak dapat menyebabkan *holding cost* yang tinggi. Selain itu, berapa kali pemesanan juga harus dipertimbangkan agar *order cost* yang ditimbulkan tidak terlalu tinggi. Maka dari itu, diperlukan optimasi secara menyeluruh agar didapat *total cost* yang paling minimum.

Tabel 5. 4 Perbandingan *Total Cost* Optimasi dengan Eksisting

Spare Part	m=1	m=2	m=4	m=8	m=16	m=32
TOTAL COST EKSISTING	Rp 1,080,114,914	Rp 1,003,405,038	Rp 1,018,211,688	Rp 1,095,726,976	Rp 1,102,289,708	Rp 3,181,354,921
TOTAL COST MODEL	Rp 127,947,866	Rp 108,423,941	Rp 109,615,349	Rp 112,308,105	Rp 117,913,031	Rp 137,849,528
PERBEDAAN	Rp 952,167,048	Rp 894,981,097	Rp 908,596,339	Rp 983,418,871	Rp 984,376,677	Rp 3,043,505,393
% COST SAVING	88%	89%	89%	90%	89%	96%

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa *total cost saving* minimal 88% dan maksimal 96% dari keadaan eksisting. Pada kondisi eksisting, *total cost* paling tinggi terjadi pada sistem pemesanan yang dilakukan setiap bulan sehingga menyebabkan *order cost* yang tinggi walaupun meminimalisir terjadinya *shortage*. Sedangkan *total cost* paling rendah dimiliki oleh sistem pemesanan setiap 16 bulan sekali yang dapat meminimumkan *order cost*. Sedangkan pada model optimasi, *total cost* yang paling rendah juga dihasilkan oleh sistem pemesanan yang dilakukan setiap 16 bulan atau m = 2. Sedangkan *total cost* yang paling tinggi dimiliki oleh pemesanan yang dilakukan selama 1 kali atau setiap 32 bulan sekali, walaupun tingkat *stockout* nya kecil, namun hal ini akan menimbulkan *order cost* yang besar dikarenakan adanya pemesanan pada setiap

bulannya. Berikut ini merupakan grafik perbandingan *total cost* eksisting dengan hasil optimasi/model.



Gambar 5. 3 Perbandingan *Total Cost* Optimasi dengan Eksisting

5.5 Analisa Order Quantity

Pada sub bab ini akan dijelaskan analisa mengenai *cost saving* yang ditimbulkan melalui penerapan model optimasi. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya bahwa model optimasi ini sangat memberikan penghematan biaya yang cukup besar. Maka dari itu, pada bab ini akan dianalisis apakah jika *order quantity* dan *reorder point* dinaikkan akan tetap memberikan *cost saving* yang signifikan bagi perusahaan. Berikut ini merupakan data awal dan hasil *cost saving* dari *spare part engine oil filter*.

Tabel 5. 5 Analisa *Cost Saving*

R	Q	TOTAL COST
Hasil Optimasi		
0	52	Rp 12,446,820.00
0	53	
Dinaikkan 2x lipat		
0	104	Rp 46,445,700.00
0	104	
Dinaikkan menjadi 500		

R	Q	TOTAL COST
0	500	Rp 123,042,200.00
0	500	
Dinaikkan menjadi 1500		
0	1500	Rp 324,089,700.00
0	1500	

Diketahui bahwa *total cost* dari kondisi eksisting sebesar Rp 593.035.500, sedangkan model optimasi untuk *demand* yang sama menghasilkan biaya sebesar Rp 12.446.820,00. Kemudian pada analisa *cost saving* ini *order quantity* dilipat-gandakan hingga sebesar 1500 unit akan tetapi tetap hanya akan menghasilkan biaya sebesar Rp 324.089.700,00. Sehingga dapat disimpulkan bahwa yang benar-benar menjadi pembatas bagi perusahaan pada saat pengadaan barang adalah ketersediaan uang untuk melakukan pembayaran, karena dengan *order quantity* yang berlipat ganda perusahaan akan tetap untung jika dibandingkan dengan kondisi eksisting.

5.6 Analisa Shortage Cost

Seperti yang sudah dijelaskan pada subbab berikutnya bahwa *total cost* hasil optimasi jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan *total cost* eksisting jika memperhitungkan *shortage cost* pada kondisi eksisting. Akan tetapi, jika tidak memperhitungkan *shortage cost*, maka kondisi eksisting akan lebih murah dibandingkan dengan hasil optimasi yang akan dipaparkan pada tabel dibawah ini dengan menggunakan contoh untuk *spare part pulley motor* dengan jumlah $m=4$.

Tabel 5. 6 Analisa Shortage Cost

	Optimasi	Eksisting
	(0,0)	(0,0)
	(0,0)	(0,0)
	(0,0)	(0,0)
	(0,5)	(0,1)
TC	Rp 1,882,749	Rp 546,435
Perbedaan	Rp 1,336,314	

%	70.98 %
---	---------

Tabel diatas menunjukkan *total cost* hasil optimasi dengan kondisi eksisting yang tidak mempertimbangkan *shortage cost*. Dapat dilihat bahwa *total cost* eksisting lebih murah dikarenakan hanya mempertimbangkan *order cost* dan *holding cost* saja dan tidak mempunyai cadangan untuk kemungkinan *failure* yang mungkin terjadi. Akan tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan kerugian yang harus ditanggung jika mengalami *stockout*.

5.7 Analisa Order Quantity dan Reorder Point

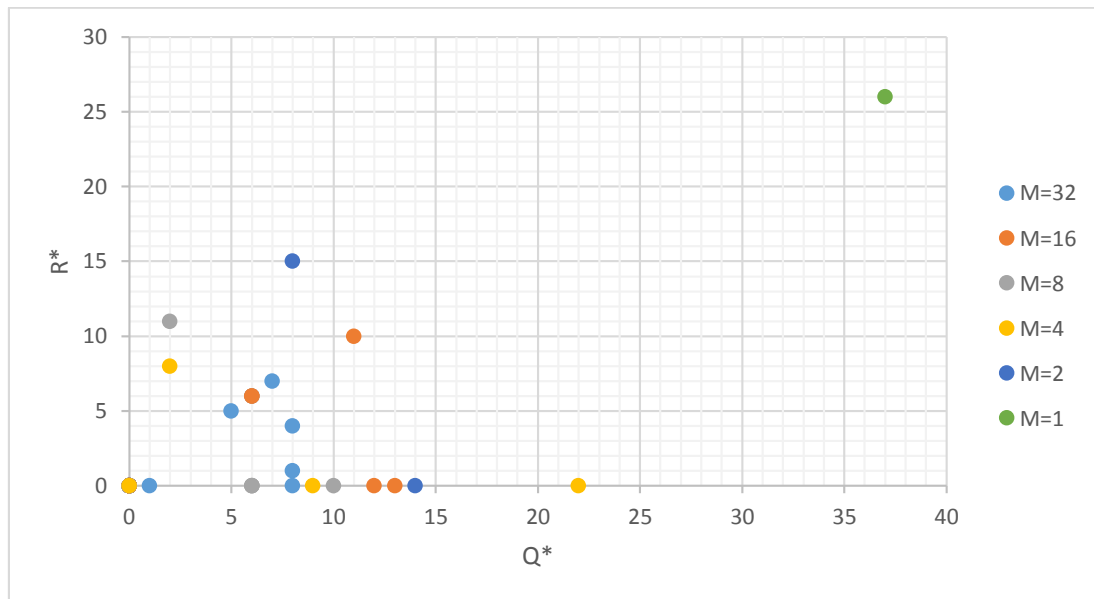
Seperti yang sudah dipaparkan pada sub bab sebelumnya, yaitu bahwa jumlah *order quantity* beserta *reorder level* nya berbeda-beda untuk setiap jenis m. Makin sering memesan, maka *order quantity* nya akan semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. Berikut ini akan ditampilkan data Hasil optimasi untuk *spare part Hydraulic Oil Filter 2*.

Tabel 5. 7 Hasil Optimasi Spare Part Hydraulic Oil Filter 2

Bulan	m=1	m=2	m=4	m=8	m=16	m=32
1	(26,37)	(15,8)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,1)
2		(0,14)	(0,22)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
3			(0,9)	(0,6)	(0,0)	(0,0)
4			(8,2)	(0,10)	(0,0)	(0,0)
5				(0,0)	(6,6)	(0,0)
6				(0,6)	(0,0)	(0,0)
7				(11,2)	(0,0)	(0,0)
8				(0,6)	(10,11)	(0,0)
9					(0,0)	(4,8)
10					(0,0)	(0,0)
11					(0,0)	(0,0)
12					(6,6)	(0,0)
13					(0,12)	(0,0)
14					(0,0)	(0,0)
15					(0,13)	(6,6)
16					(0,0)	(0,8)
17						(0,0)
18						(0,0)
19						(0,0)
20						(0,0)
21						(0,0)
22						(0,0)
23						(5,5)

Bulan	m=1	m=2	m=4	m=8	m=16	m=32
24						(0,0)
25						(0,0)
26						(7,7)
27						(0,0)
28						(0,0)
29						(1,8)
30						(0,0)
31						(0,0)
32						(0,0)
TC (Rp)	13,727,430	7,816,359	9,175,763	11,394,560	11,105,690	10,445,450
Eksisting (Rp)	113,070,300	101,044,900	100,971,800	118,462,700	120,006,000	117,723,200
Perbedaan (Rp)	99,342,870	93,228,541	91,796,037	107,068,140	108,900,310	107,277,750
%	87.86%	92.26%	90.91%	90.38%	90.75%	91.13%

Dapat dilihat bahwa jumlah pemesanan atau *order quantity* pada *spare Part Hydraulic Oil Filter 2* berbeda-beda bervariasi untuk setiap *time interval*. Begitu pula dengan *order quantity* nya juga bervariasi walaupun sebagian besar bernilai 0. Pada hasil optimasi banyak dijumpai nilai *reorder point* yang bernilai 0. Hal ini diperbolehkan dikarenakan jumlah *order quantity* sudah sangat melebihi kebutuhan akan *spare part*, baik untuk kebutuhan yang sesungguhnya maupun untuk persediaan akan kemungkinan *failure spare part* yang akan datang. Tingkat *reorder point* yang bernilai 0 ini tidak selalu terjadi. Untuk *spare part* dengan tingkat perbaikan yang tinggi nilai *reorder point* tidak pernah 0. Selain itu, pada perusahaan juga mempunyai sistem *pull inventory* untuk tiap-tiap daerah yang diadakan oleh perusahaan induk untuk kebutuhan yang sangat penting dan mendesak. Sehingga, nilai *reorder point* 0 juga berguna untuk meminimalisir tingkat persediaan yang ada jika memang stok dari *spare part* yang diadakan masih ada berdasarkan *order quantity* dari *spare part* itu sendiri. Berikut merupakan *scatter plot* pola pemesanan untuk *spare Part Hydraulic Oil Filter 2* pada setiap *time interval*.



Gambar 5. 4 Sistem Pemesanan pada *Spare Part Hydraulic Oil Filter 2*

Dapat dilihat bahwa untuk $m=1$ atau pemesanan dilakukan setiap 32 bulan sekali, besar *order quantity* dan *reorder point* sangat berbeda bila dibandingkan dengan sistem pemesanan pada *time interval* lainnya, dikarenakan pada saat $m=1$, sistem pemesanan harus dapat mengakomodasi semua *maintenance* dan kemungkinan *failure* yang ada. Sedangkan untuk sistem pemesanan yang lain menunjukkan besarnya *order quantity* dan *reorder level* tidak terlalu bervariasi.

5.8 Analisa Sensitivitas Model Optimasi

Seperti yang telah dijabarkan pada subbab-subbab sebelumnya bahwa model optimasi menghasilkan *cost saving* yang besar bagi perusahaan. Pada subbab ini akan dilakukan uji sensitivitas terhadap model optimasi dengan melihat perubahan terhadap *order quantity* dan *reorder level*. Uji sensitivitas dilakukan dengan cara *sampling* terhadap satu jenis *spare part* yaitu *water separator* dengan $m=2$ atau pemesanan setiap 16 bulan sekali karena sistem pemesanan setiap 16 bulan sekali yang paling mendatangkan keuntungan bagi perusahaan.

Tabel 5. 8 Data Awal

R	Q	Vi	c1	c2	c3
20	22	12	Rp 95.682.00	Rp 5,135,480.00	Rp 131,750.00
20	20	8			

Tabel diatas merupakan data awal dari *spare part water separator* untuk $m=2$. Lalu uji sensitivitas berikut mempunyai tujuan untuk mencari ambang batas perbedaan dari *order quantity* dan *reorder point* yang menunjukkan seberapa sensitif model terhadap parameter yang akan diuji.

Tabel 5. 9 Uji Sensitivitas

Demand		Shortage Cost		Holding Cost		Order Cost	
-20%		$c_2 = \text{Rp}100.000$		$c_1 = \text{Rp}5.000$		$c_1 = \text{Rp}50.000$	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
17	19	10	18	19	24	17	17
17	17	10	16	18	38	10	10
-10%		$c_2 = \text{Rp}800.000$		$c_1 = \text{Rp}10.000$		$c_1 = \text{Rp}100.000$	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
19	21	19	21	20	22	17	17
19	19	19	25	20	20	10	10
10%		$c_2 = \text{Rp}1.000.000$		$c_1 = \text{Rp}80.000$		$c_1 = \text{Rp}120.000$	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
21	23	20	22	20	22	17	17
21	21	20	20	20	20	10	10
20%		$c_2 = \text{Rp}15.460.440$		$c_1 = \text{Rp}100.000$		$c_1 = \text{Rp}130.000$	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
23	28	20	22	17	17	20	22
23	37	20	20	10	10	20	20

Dari data diatas dapat dilihat bahwa *demand* sangat sensitif untuk mempengaruhi *order quantity* dan *reorder point* untuk berubah. Begitu pula dengan *ordering cost*, jika diturunkan ke Rp 120.000 akan mengubah *order quantity* dan *reorder point* akan tetapi ketika turun ke Rp 130.000, *order quantity* dan *reorder point* tidak berubah. Untuk *holding cost* dan *shortage cost* tidak terlalu sensitif untuk dapat mempengaruhi *order quantity* dan *reorder point* untuk berubah. *Order quantity* dan *reorder point* baru akan berubah ketika *shortage cost* (c_2) diturunkan hingga menjadi Rp 800.000. Sedangkan jika dinaikkan hingga Rp 15.460.440 tetap tidak akan mengubah *order quantity* dan *reorder point*. Untuk *order cost* batas sensitif nya adalah jika diturunkan hingga Rp 80.000,00 baru akan berubah. Uji sensitivitas pada penelitian ini tidak melihat perubahan biaya dikarenakan biaya pasti akan berubah jika parameter diganti. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model dapat mengakomodasi perubahan parameter dengan cukup baik.

5.9 Analisa Kelebihan dan Kekurangan Model Optimasi

Model matematis optimasi *spare part inventory* ini tidak memiliki batasan kapasitas gudang. Hal ini sesuai dengan kondisi eksisting pada perusahaan, yaitu *supplier* dianggap selalu mampu memenuhi kebutuhan *spare part*, berapa pun dan kapan pun kebutuhan *spare part* nya. *Spare part* kritis memerlukan tingkat ketersediaan yang tinggi dan tidak memperbolehkan adanya *stockout* karena akan menimbulkan kerugian yang besar bagi perusahaan.

Fungsi tujuan pada model matematis ini adalah meminimasi *total inventory cost* yang terdiri dari *holding cost* atau biaya penyimpanan, *order cost* atau biaya pemesanan dan *shortage cost* atau biaya kerugian. Ketepatan model ditunjukkan dengan tidak adanya *shortage* yang ditimbulkan yang akan menimbulkan kerugian pada perusahaan. Dengan kata lain, model akan lebih memilih untuk melakukan penyimpanan barang daripada timbul *stockout*. Maka dari itu, sangat penting untuk melakukan konsolidasi permintaan antara bagian *inventory* dengan bagian *maintenance* agar dapat menghasilkan *total cost* yang optimum.

Berdasarkan dua penjelasan diatas maka yang menjadi pembatas ketika sistem optimasi ini akan diterapkan adalah jumlah biaya yang dimiliki oleh perusahaan dalam pengadaan barang. Karena jika tidak, maka berapapun jumlah yang dipesan perusahaan akan tetap untung dibandingkan melalui sistem pemesanan yang biasa.

Keterbatasan dalam model ini adalah menentukan estimasi kapan terjadinya *failure spare part* terkait. Selain itu, permasalahan dalam model ini harus dilakukan *running* yang terpisah yang menyebabkan kurang efisien dalam melakukan *running*. Sehingga diperlukan optimasi dala *software* optimasi yang lainnya agar *running* model bisa dilakukan cukup sekali.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian Tugas Akhir ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut. Pertama, hasil perhitungan model matematis menghasilkan keputusan pemesanan yang berbeda dengan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting, jumlah *spare part* yang dipesan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan dan tidak mempertimbangkan terjadinya *failure* yang mendadak sehingga akan menimbulkan *shortage cost* yang tinggi. Kedua, *output* dari model secara keseluruhan memberikan *cost saving* paling rendah sebesar 88% jika dibandingkan dengan kondisi pemesanan eksisting. Penghematan dapat dilakukan karena pada model mempertimbangkan kemungkinan terjadinya *stockout*.

Validasi model dilakukan dengan menggunakan data *order quantity* dan *reorder point* yang diuji-cobakan ke dalam perhitungan model, apakah dapat menghasilkan *total cost* yang sama dengan kondisi eksisting perusahaan atau tidak. Hasil validasi menunjukkan bahwa model optimasi yang digunakan merupakan model yang valid sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Keempat, berdasarkan perhitungan model optimasi ini, *total cost* yang paling minimum dihasilkan oleh sistem pemesanan setiap 16 bulan sekali atau $m=2$.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, perlu adanya pertimbangan terhadap kapasitas gudang sehingga biaya yang dikeluarkan dapat lebih minimal. Kedua, perlu mempertimbangkan pilihan optimasi menggunakan *software* lain jika akan dilakukan perhitungan untuk semua jenis *spare part*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

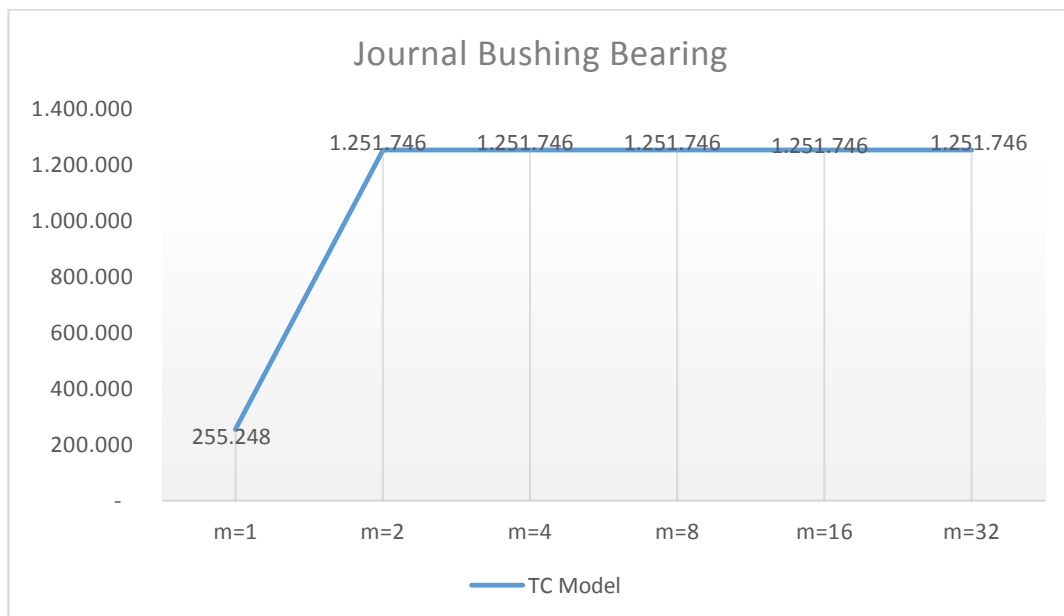
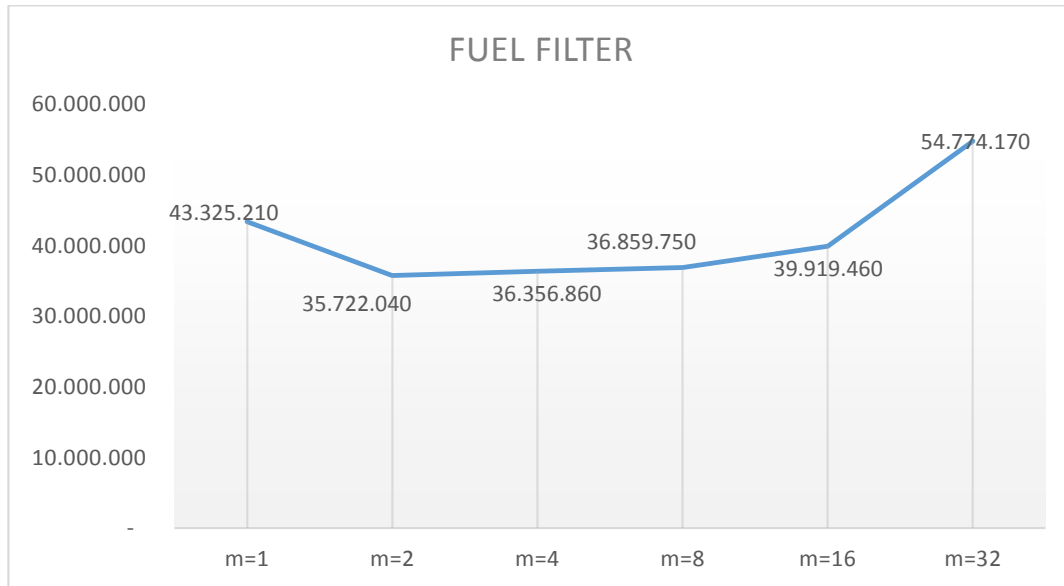
DAFTAR PUSTAKA

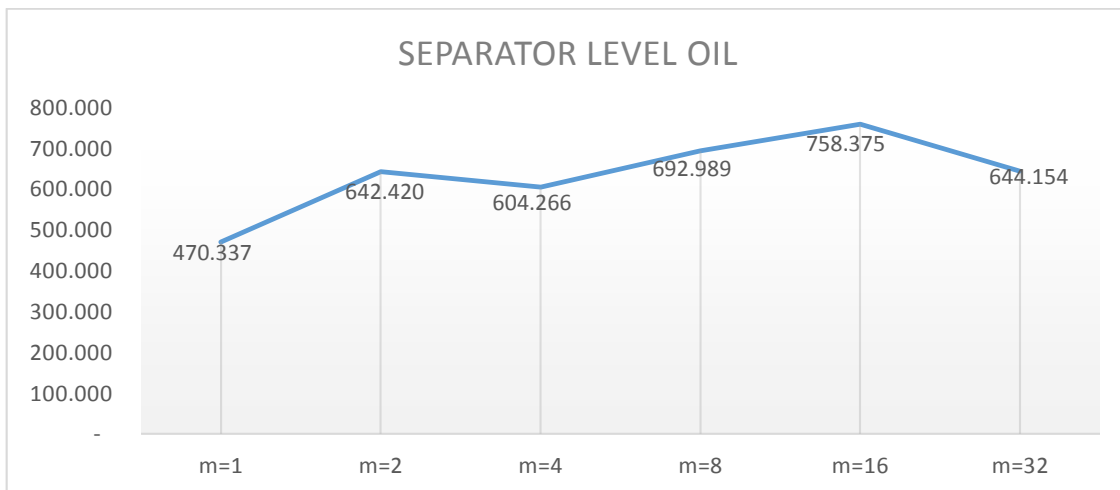
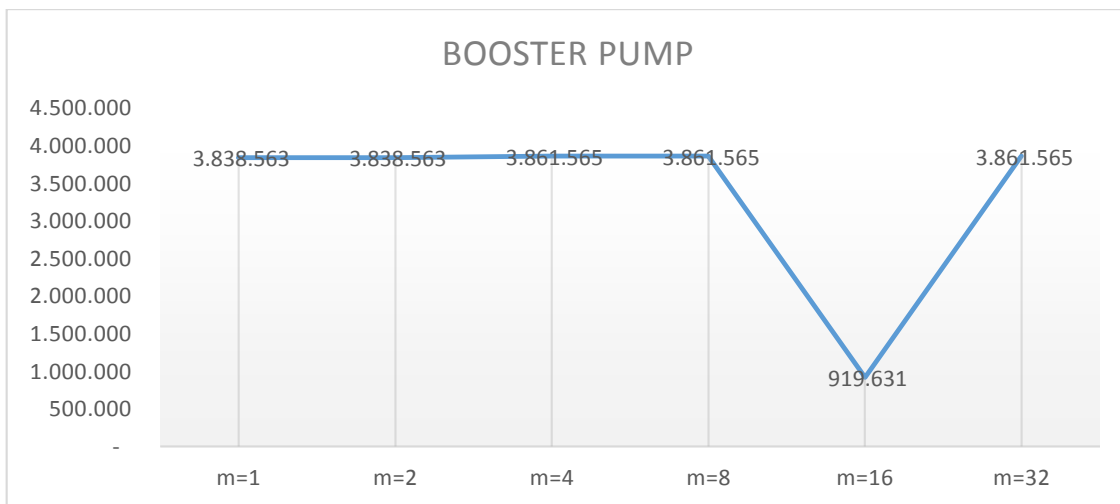
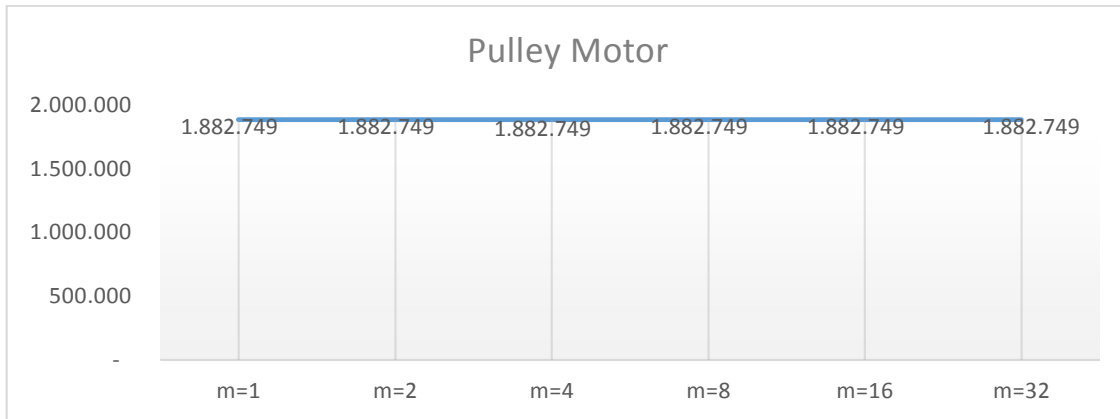
- Callegaro, A. (2010). Forecasting methods for spare parts demand. Universita' Degli Studi Di Padova.
- Daryus, A. (2007), *Manajemen Pemeliharaan Mesin*, Universitas Darma Persada, Jakarta.
- Dhillon, B. S., & Reiche, H. (1987), *Reliability and Maintainability Management*, CBS Publisher & Distributors, Delhi.
- Ebeling, C. E. (1997), *Reliability and Maintainability Engineering*, University of Dayton, New York.
- Indrajit, R. E., & Djokopranoto, R. (2003), *Manajemen Persediaan*, Grasindo, Jakarta.
- Jin, T., & Liao, H. (2009). Spare parts inventory control considering stochastic growth of an installed base. *Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 452-460.
- Kumar, S. (2004). Spare Parts Management—An IT Automation Perspective. Domain Competency Group, Infosys Technology Limited.
- Orsburn, D. K. (1991), *Spares Management Handbook*, McGraw-Hill Inc, USA.
- Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2010), *Supply Chain Management*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rangkuti, F. (2004). *Manajemen Persediaan Aplikasi di Bidang Bisnis*. Erlangga: Jakarta.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (Vol. 3, p. 30). New York: Wiley.
- Tersine, R. J. (1994), *Principles of Inventory and Materials Management*, The University of Oklahoma, New Jersey.
- Waters, D. (2008). *Inventory Control and Management*. John Wiley & Sons.
- Worsham, W. C. (2002), "Is Preventive Maintenance Necessary?". *Reliability and Maintenance Research*, hal. 02

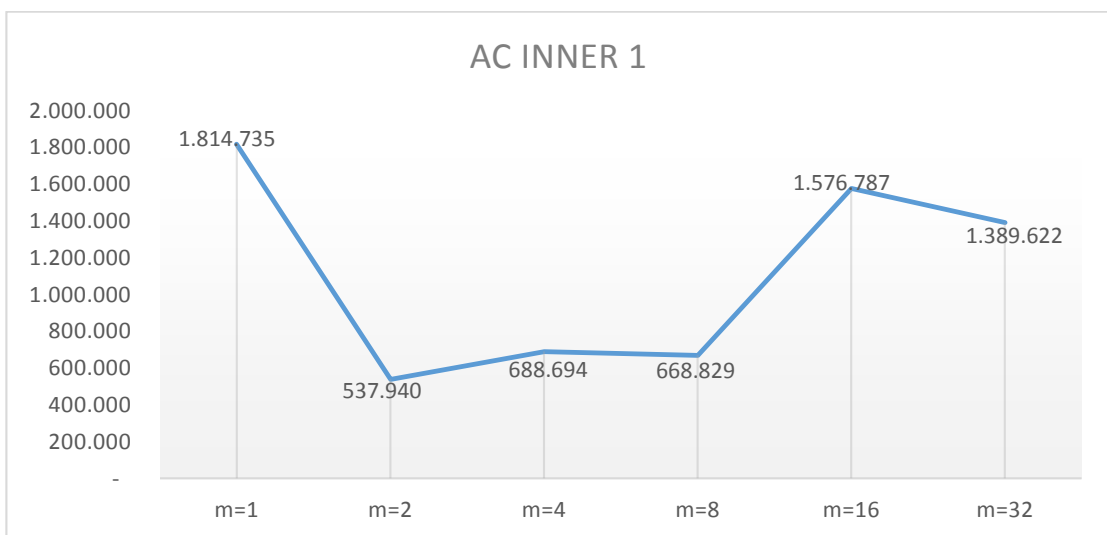
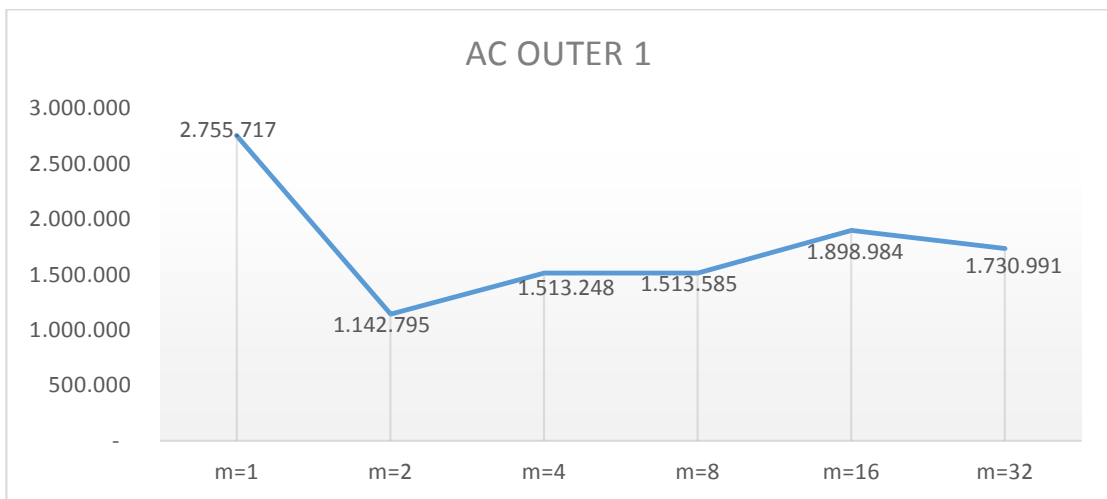
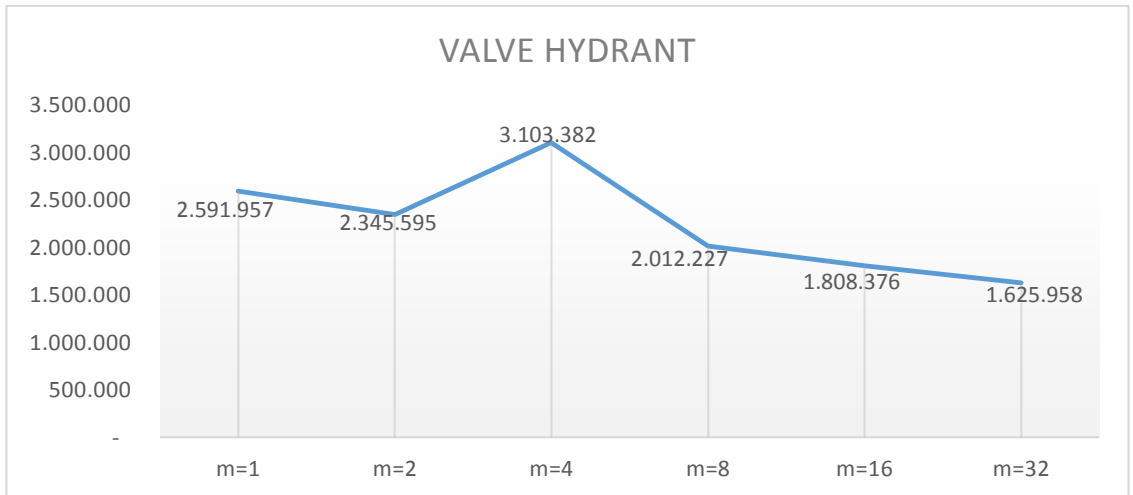
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

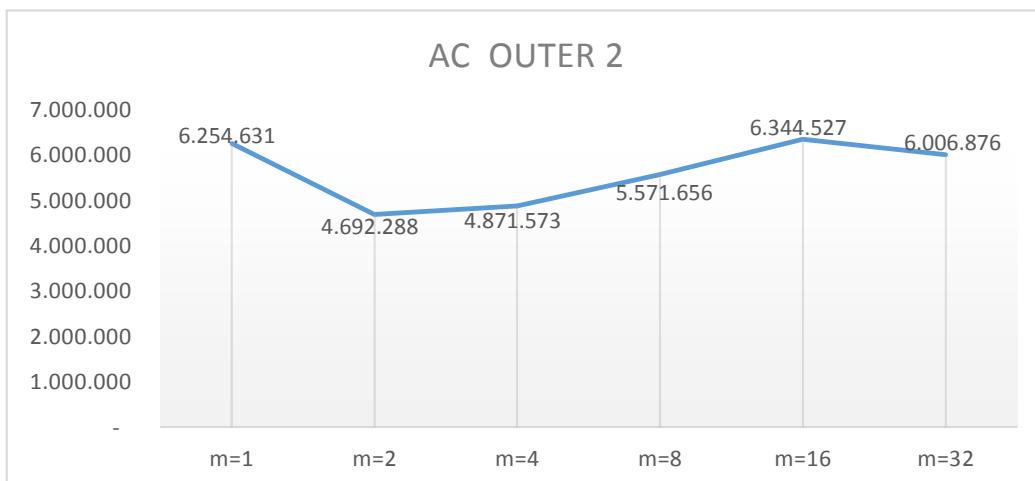
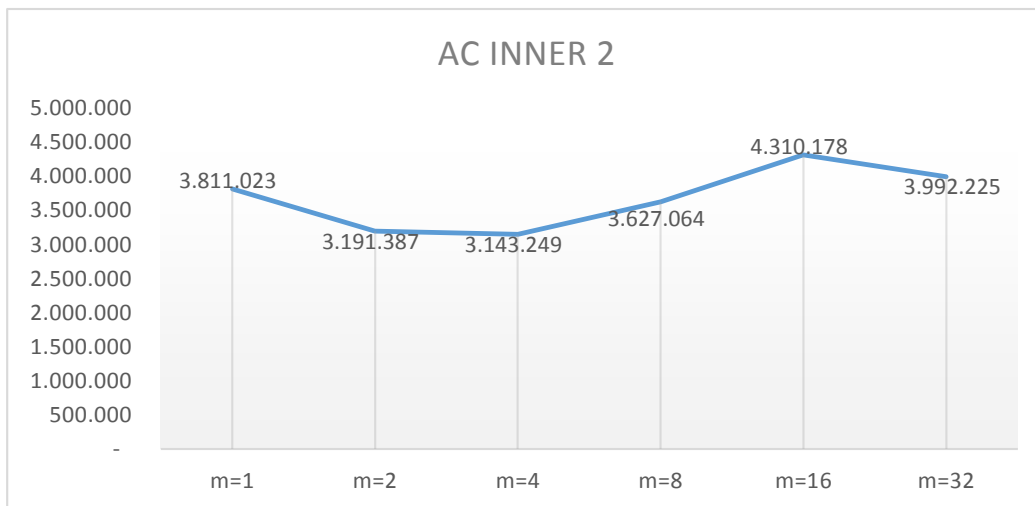
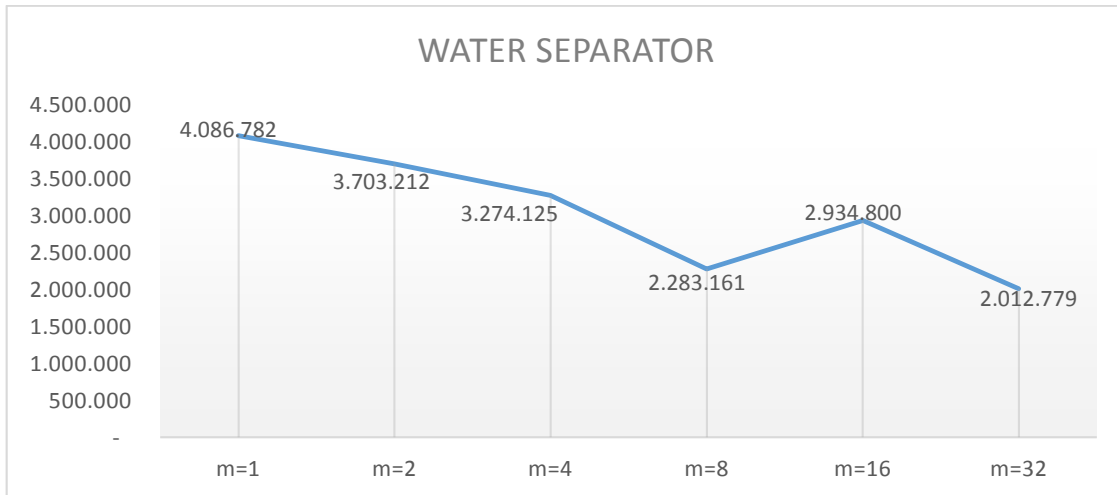
LAMPIRAN A

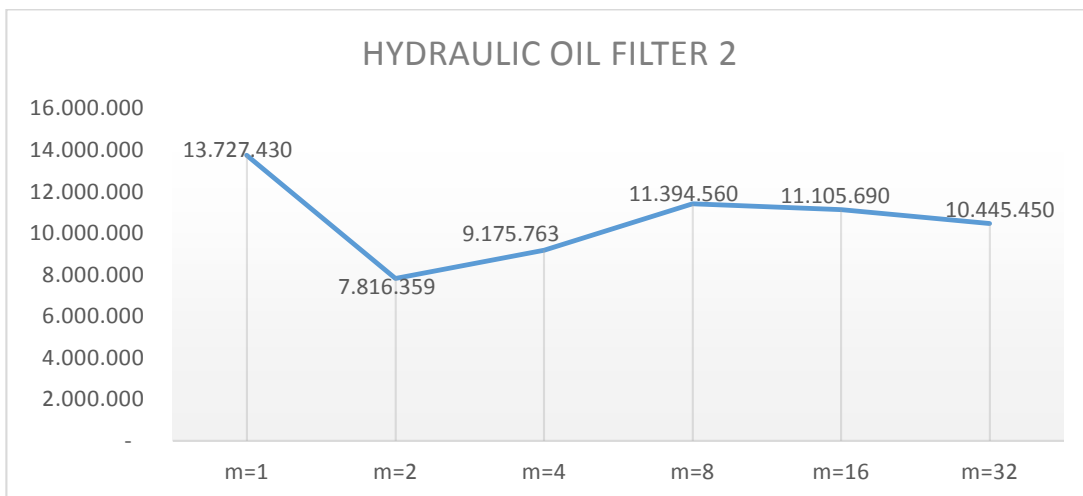
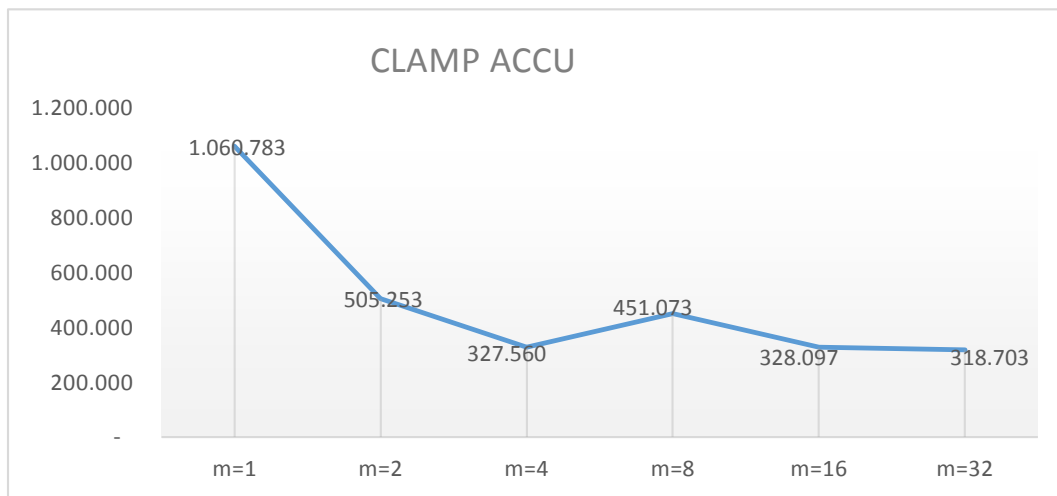
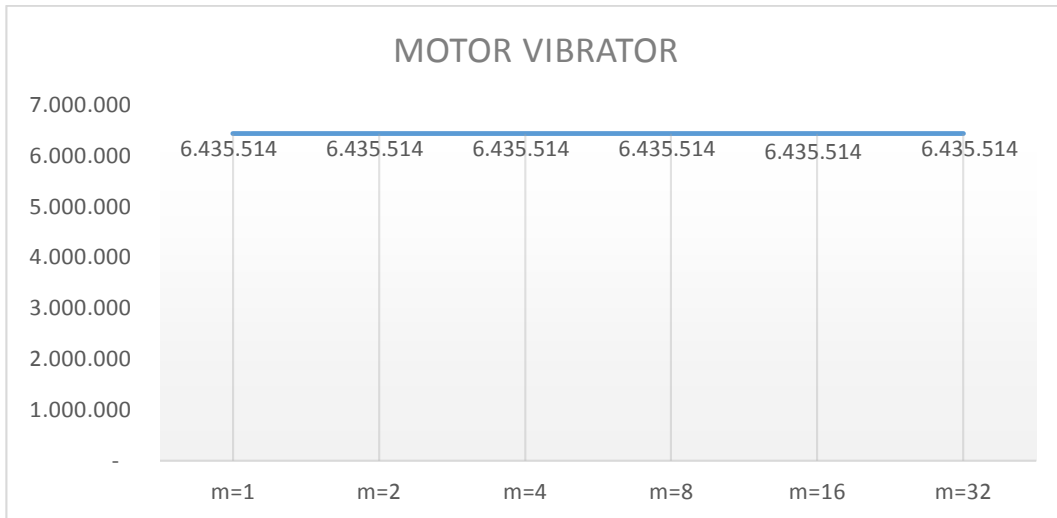
GRAFIK PEMESANAN *SPARE PART* HASIL OPTIMASI

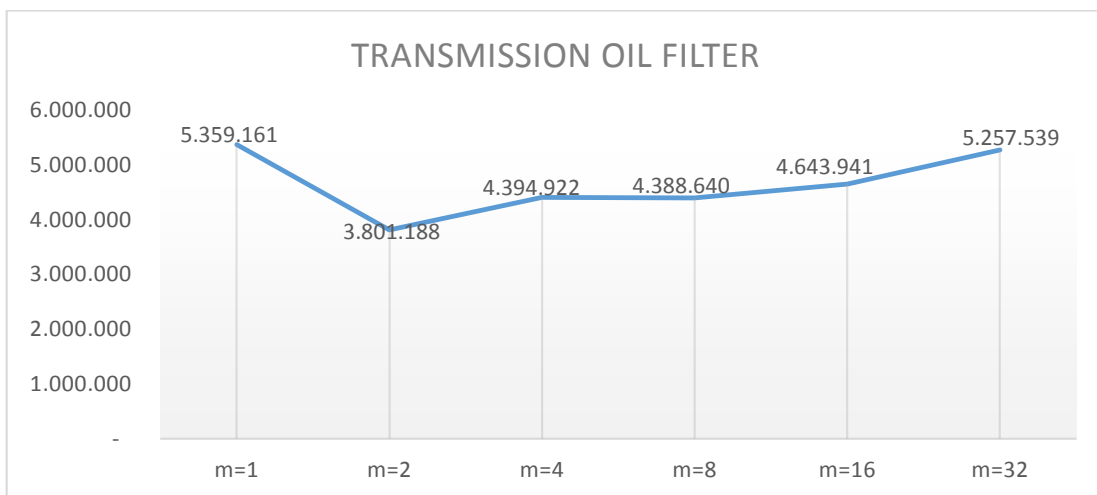
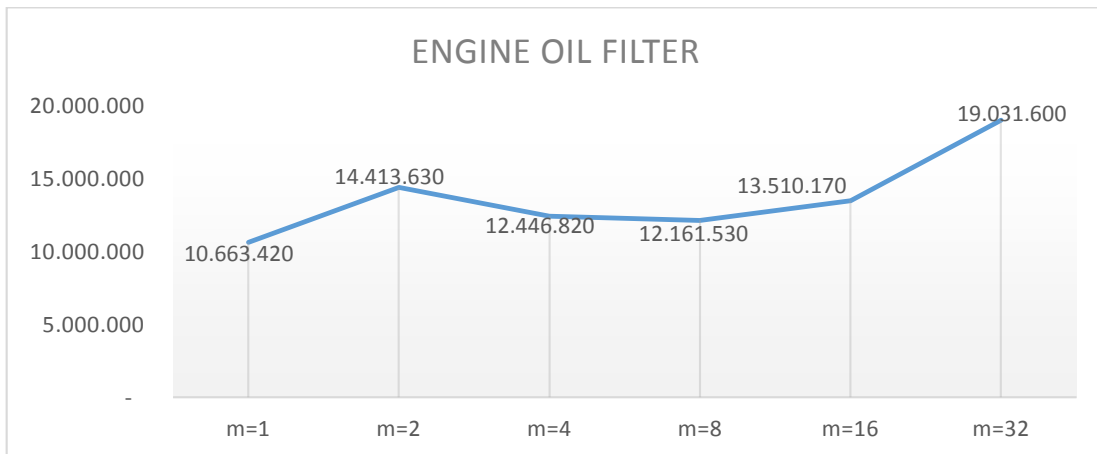
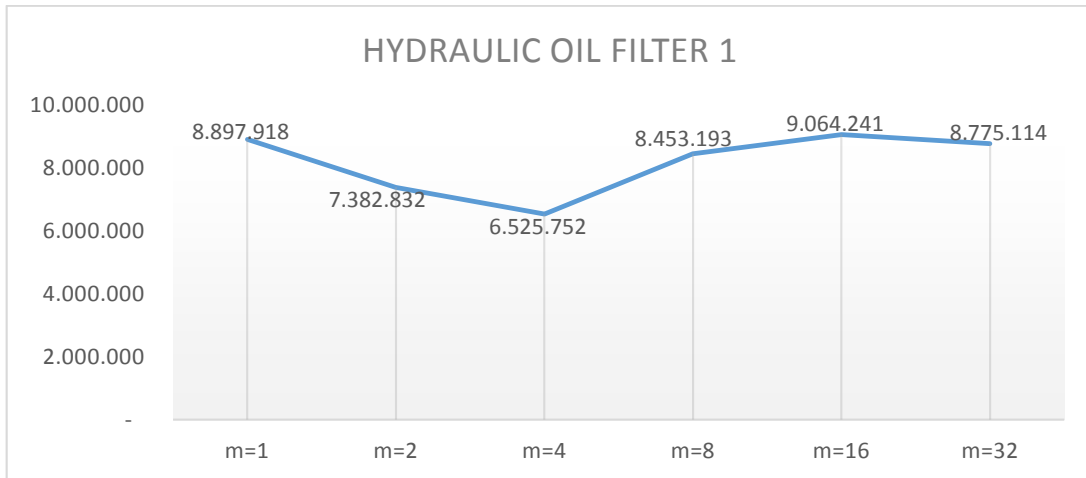












BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Diah Kusumastuti dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 06 September 1997. Penulis merupakan putri kedua dari empat bersaudara dari Agus Hardjanto dan Rita Haryanti. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis berawal dari SD Negeri Cemara Dua Surakarta, SMP Negeri 4 Surakarta, SMA Negeri 1 Surakarta program akselerasi hingga ke jenjang Sarjana di Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti berbagai organisasi, pelatihan, kepanitian, dan perlombaan. Penulis tercatat sebagai Staf Departemen Kewirausahaan HMTI (Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS) 2015/2016 dan Kepala Biro *Mapping & Entrepreneurship Development* Departemen Kewirausahaan HMTI ITS 2016/2017. Penulis juga aktif dalam kepanitian seperti INCHALL, PKTI, PJTD, LKMM TD, dan lain-lain. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan seperti LKMW, LKMM Pra-TD, LKMM TD, Training AutoCAD, Training ARENA, Training Lingo, Training Matlab, dan lain-lain.

Pada tahun 2016, penulis berkesempatan untuk melakukan magang industri di PT Telekomunikasi Seluler Indonesia (Telkomsel) Divisi *Youth and Community Analysis and Solution Development* Jawa Bali. Selain itu, pada tahun 2017 penulis juga berkesempatan untuk melakukan kerja praktek di PT PJB Services pada Departemen Perencanaan dan Pengembangan Korporasi. Selain itu, penulis juga pernah mengikuti lomba *Industrial Engineering Competition of Atma Jaya Jakarta 2017*. Penulis dapat dihubungi melalui email diahkusumastuti14@yahoo.com.